

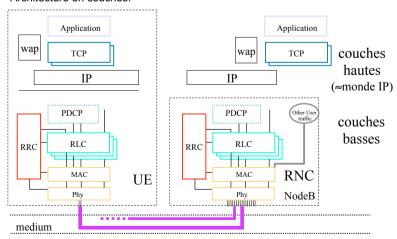
UMTS: Couches PHY, MAC, RLC

Philippe Godlewski
Marceau Coupechoux
Philippe Martins
UE RES730
Telecom ParisTech, Département Informatique et Réseaux

Introduction



· Architecture en couches.



Plan du cours



- Introduction
- · L'étalement de spectre
- · La couche physique
- · Les sous-couches MAC/RLC
- Conclusion

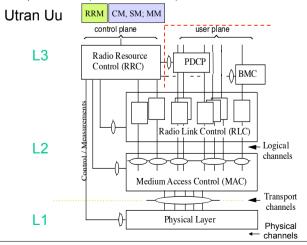
Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

2

Introduction



• Architecture protocolaire (couches 1, 2 et 3).



Introduction



Plan Contrôle / Plan Utilisateur :

- Le plan Contrôle
 - Ensemble de la signalisation échangée entre l'UTRAN et le terminal (établissement / libération de ressources radio) ou entre le réseau cœur et le terminal (couches MM, CM, GMM et SM).
- · Le plan Utilisateur
 - Les informations émises ou reçues par les utilisateurs (e.g. voix codée par l'AMR, paquets relatifs à une connexion internet)

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC



Introduction

Rôle des couches :

- La couche RRC (Radio Ressource Control, plan contrôle) joue un rôle essentielle dans l'interface radio :
 - gestion des ressources radio
 - contrôle toutes les autres couches (« chef d'orchestre »),
 - assure la signalisation (MM, CM, SM),
 - configure, commande les couches PHY, MAC, RLC,
 - gère les mesures (les sollicite, les traite, les formate, les transmet),
 - l'entité RRC de l'UE est "esclave" de celle du RNC.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

Introduction



Rôle des couches :

- Physique (modem) + modulation/codage + entrelacement + canalisation + contrôle de lien physique.
- MAC (Medium Access Control)
 - accès au médium, mais aussi, multiplexage sur un même canal de transport et/ou ordonnancement entre les différents « services ».
- RLC (Radio link Control)
 - formatage en « blocs », segmentation/réassemblage,
 - fiabilisation (en mode AM)
 - et cryptographie (data)
- PDCP (Packet Data Conversgenc Protocol)
 - support de différents protocoles réseaux,
 - essentiellement compression d'en-têtes.
- BMC (Broadcast/Multicast Control Protocol)
 - services en diffusion (e.g. SMS cell broadcast).

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC



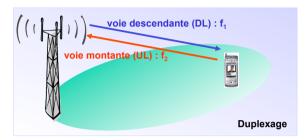
UMTS : Couches PHY, MAC, RLC L'étalement de spectre

Introduction
Modulations numériques
Principes de l'étalement
Gain d'étalement
Récepteur Rake
Qualité radio
CDMA cellulaire

L'étalement de spectre Introduction



• En UMTS, le duplexage est FDD

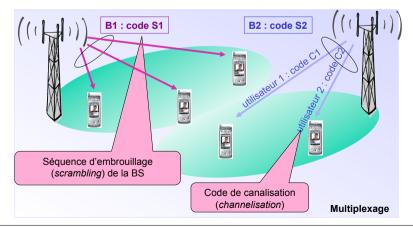


Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

L'étalement de spectre Introduction



- En UMTS, le multiplexage est en codes (CDMA)
 - Voie descendante : motif à K=1

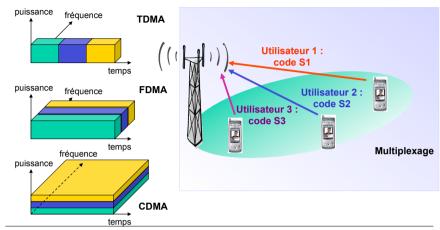


L'étalement de spectre

TELECOM ParisTech

Introduction

- En UMTS, le multiplexage est en codes (CDMA)
 - Voie montante :



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

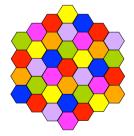
10

L'étalement de spectre





- En UMTS, le multiplexage est en codes (CDMA)
 - Voie descendante : motif à K=1



GSM:

- motifs de réutilisation généralement différents de 1
- Exemple : K=18 pour la voie balise
- Exemple : K=12 pour les autres canaux
- Exemple : K=3 avec du saut de fréquence



UMTS

- motifs de réutilisation = 1
- Planification des codes PN
- codes de Gold
- + : planification facile
- · : gestion des interférences

L'étalement de spectre Introduction



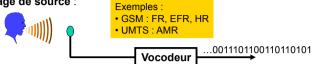
Exemples:

 Turbo code • etc

Codage convolutionnel

(décodage de Viterbi)

Codage de source :



- Codage canal (channel coding):
 - codage correcteur d'erreurs
 - protection contre les erreurs
 - présents dans à peu près tous les systèmes
 - lié à la théorie de l'information : capacité de Shanon
 - le codage dépend du service et de la qualité du lien radio
 - permet d'abaisser l'EbNo cible



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

L'étalement de spectre

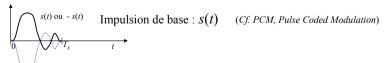


Modulations numériques

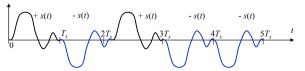
> Information "numérique" :
$$\underline{x} = (x_0, x_1, \dots, x_k, \dots)$$

avec $x_k \in A$ (~ constellation, e.g. $A = \{+1, -1\}$)

> Un "symbole numérique" ou échantillon x_k est transmis via une forme d'impulsion s(t) décalée sur l'intervalle $[kT_{st}(k+1) T_s]$: $x_k s(t-kT_s)$



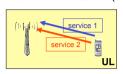
Train d'impulsions :
$$X(t) = \sum_{k} x_k s(t - k T_s)$$

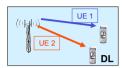


L'étalement de spectre Introduction

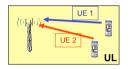


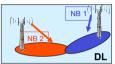
- Codes d'étalement (spreading codes) :
 - formés en combinant :
 - code de canalisation (channelisation code)





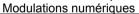
· séquence d'embrouillage (scrambling)





Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

L'étalement de spectre





Débit symbole (ou baud) : $R_s = 1/T_s$;

débit binaire (sans codage de canal) : $R_b = \log_2(|A|)/T_s$.

La **bande** "normalisée" (bande de Nyquist) est $W = 1/T_c$

Énergie par symbole $E_s = E(||x_k^2||) ||s||^2$

 $||s||^2 = \int_{[0, T_s]} ||s(t)||^2 dt$ (= $E_s = E_b$ dans le cas antipodal)

Cas antipodal : $x_k \in \{+1, -1\}$

 $\underline{x} = (+1, -1, +1, -1, -1, ...)$ dans l'exemple précédent,

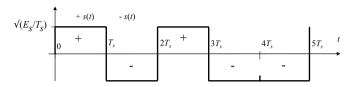
bit "0" codé en +1, bit "1" codé en -1, $b_k \rightarrow c_k = (-1)^{(b_k)}$

L'étalement de spectre Modulations numériques



Pour la PSK binaire, $T_s = T_h$ (en l'absence d'étalement et

de codage). L'impulsion de base est le rectangle. Le signal en BdB est NRZ (non retour à zéro).



>> Dans cette présentation, nous considérerons la **(B) PSK** pour simplifier les exemples.

>> La **QPSK** consiste à utiliser la voie Q (voie sinus) en plus de la voie I (cosinus) ... on se contente d'une constellation en $\{\pm 1\}$ plutôt que $\{\pm 1\pm i\}$.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

L'étalement de spectre Modulations numériques



> La probabilité d'erreur par bit (bit error rate) d'une modulation antipodale est théoriquement (i.e. en présence

de bruit blanc, Cf. AWGN channel):

$$BER = Q\left(\sqrt{\frac{2E_S}{N_0}}\right)$$

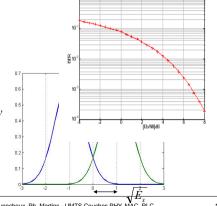
Q(x): fonct. d'erreur de la gaussienne normalisée

$$Q(x) = \int_{[x, +\infty]} \exp(-y^2/2) / \sqrt{2\sigma} \, dy$$

> Des valeurs de référence

$$(Eb /N0) = 6 dB => BER = 2.10^{-3}$$

$$(Eb/N0) = 8 \text{ dB} => BER = 2.10^{-4}$$

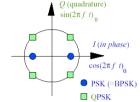


L'étalement de spectre Modulations numériques



> Les modulations numériques de référence en CDMA sont la PSK (et la OPSK).

> Phase Shift Keying ou BPSK, Binary PSK ou en français MDP2. C'est l'<u>E</u>xemple de modulation antipodale.



> La QPSK (≈ 1.PSK en phase + 1.PSK en quadrature,

~ modulation à 4 phases) intervient aussi au niveau du signal étalé.

> NB : La 8 PSK est utilisée dans EDGE, dans HDR du CDMA 2000

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

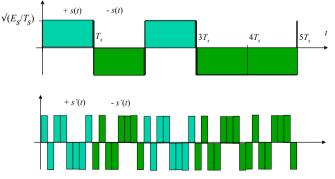
18

L'étalement de spectre

Principes : des bits aux chips



> Principe de l'étalement de spectre : "hacher" une modulation NRZ



La modulation résultante est encore antipodale ; même énergie par bit : $||s||^2 = ||s||^2$

L'étalement de spectre

Principes: des bits aux chips

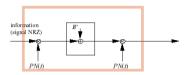


> direct sequence spread spectrum

(ou étalement de spectre par séquence directe)

Schéma d'un modulateur à étalement de spectre par séquence directe

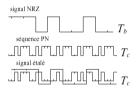
(schéma équivalent en bande de base ajouter la translation en fréquence pour passer en fréquence porteuse)



PN(t) est la séquence d'étalement Remarque : PN(t)*PN(t)=1.

> Signaux impliqués (en bdb) :

- signal véhiculant l'information NRZ(t),
- séquence PN(t),
- signal NRZ étalé NRZ(t) x PN(t).



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

21

L'étalement de spectre

Principes: des bits aux chips



23

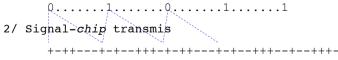
> Exemple (scolaire)

Correspondance bit/chip: bit -> code (séquence de chips)

$$0 \rightarrow +-++---+ = +s_1(t)$$

$$1 \rightarrow -+--++- = -s_1(t)$$

1/ Données utilisateur "bit"



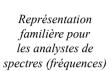
Le gain d'étalement est n = 8.

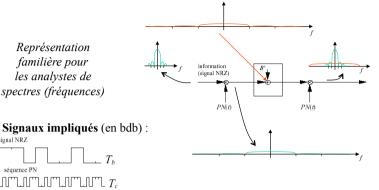
L'étalement de spectre

Principes: des bits aux chips



> « Vision spectrale »





signal NRZ séquence PN $T_{\rm e}$

L'interférence est étalée ("blanchie") de même pour les brouilleurs à bande étroite

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

22

L'étalement de spectre

Principes : filtre adapté



24

• Récepteur simple sur canal parfait (ni bruit, ni interférence) :

$$S_{recu}(t) = NRZ(t-\tau_0)*PN(t-\tau_0)$$

On multiplie le signal reçu par PN(t-\tau_0)
 $S_{recu}(t)*PN(t-\tau_0) = NRZ(t-\tau_0)$ car PN(t-\tau_0)*PN(t-\tau_0) = 1

Récepteur simple sur un canal avec bruit additif gaussien :

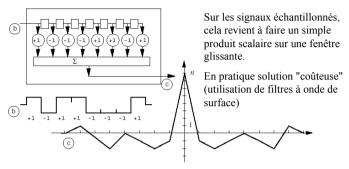
$$\begin{split} S_{\text{regu}}(t) &= \text{NRZ}(t-\tau_0)^*\text{PN}(t-\tau_0) + n(t) \\ \text{On réalise une corrélation entre le signal reçu et la séquence PN} \\ \int &S_{\text{regu}}(t)^*\text{PN}(t-\tau_0) = \int &\text{NRZ}(t-\tau_0)^*\text{PN}(t-\tau_0)^*\text{PN}(t-\tau_0) + \int &n(t)^*\text{PN}(t-\tau_0) \\ &= b^*\sqrt{(2E_bT_b)} + \int &n(t)^*\text{PN}(t-\tau_0) \end{split}$$

Le second terme est proche de 0 car le bruit et PN sont décorrélés.

Principes : filtre adapté



> Exemple: filtrage adapté à $s_1(t) = +-++---+$ (signal en forme se séquence de chip)



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

2

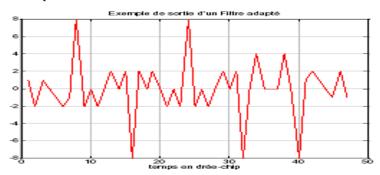
L'étalement de spectre

Principes : filtre adapté



27

> Exemple de sortie



Sortie du récepteur par filtrage adapté

Il suffit de relever la polarité des pics mesurés au instants "bit".

 $(+-+--) > (0\ 1\ 0\ 1\ 1...)$, on retrouve la suite (des bits).

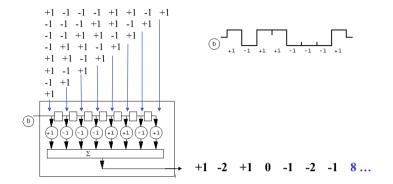
Remarque: le signal porte une information de synchro.

L'étalement de spectre

Principes : filtre adapté



> Exemple : filtrage adapté à $s_1(t) = +-++---+$



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

26

L'étalement de spectre

Principes : filtre adapté



> Autre exemple : n=128



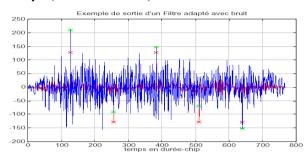
Sortie du récepteur « filtre adapté », 0 interféreurs. La signature s(t) est (pseudo) aléatoire (de 128 chips) (cas sans bruit ni interférence).

La suite de données utilisateurs est $(0, 1, 0, 1, 1) \rightarrow (+-+--)$, cf. exemple.

L'étalement de spectre

Principes : filtre adapté

> Autre exemple (avec interférences) : n=128



Sortie du récepteur « filtre adapté » (signal bleu) (la signature s(t) comporte 128 chips) : cas avec 15 interféreurs.

Le signal semble noyé dans le bruit ... mais, aux instants bit, les valeurs sont correctes.

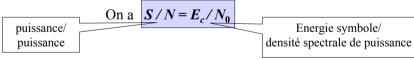
Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

20

L'étalement de spectre Gain d'étalement



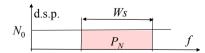
> Rappels : SNR (ou SIR ou SNIR) et EBNO



 P_S ou S =la puissance du signal utile

$$P_S = E_c / T_c$$
 (rappel : $1/T_c = W_s \sim$ bande du signal)
= "énergie d'un symbole" / "durée d'un symbole"

 $N := P_N = N_0 \mathbf{x} W_s$ (densité spectrale de bruit \mathbf{x} bande du signal)



L'étalement de spectre

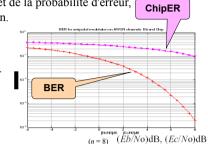
Principes : filtre adapté



> Performances en terme de BER

> Au niveau du bilan énergétique et de la probabilité d'erreur, l'étalement de spectre n'apporte rien.

La formule $BER = Q(\sqrt{(2E_b/N_0)})$ reste valable en présence de bruit gaussien blanc (bruit de d.s.p. moyenne constante, égale à N_0 , dans les bandes considérées). Par contre le ChipER est "mauvais": $ChipER = Q(\sqrt{2E_d}/(nN_0)) \ll BER$



On peut supposer que |PN(t)| = 1 (la séquence PN est normalisée).

(Le signal NRZ étalé correspond aussi à une modulation antipodale).

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

20

L'étalement de spectre



Gain d'étalement

- Deux durées binaires interviennent au cours de l'étalement :
 - T_h temps bit $(R_h = 1/T_h$, débit utilisateur \approx bande avant étalement)
 - T_c temps **chip** ($R_c = 1/T_c$, débit chip \approx bande après étalement).
- Le rapport $n = T_b / T_c$ ou (R_c / R_b) est appelé facteur d'étalement.

"un bit = n chips"

• On pose $Ge = 10 \log_{10}(n)$ (gain d'étalement en dB)



L'étalement de spectre



Gain d'étalement

> Bilan énergétique

• On a vu que : $S/N = E_c/No$

Et: $n = T_h/T_c = W_s/R_h$

• Or la puissance avant et après étalement est la même :

$$E_b/T_b = E_c/T_c$$

Donc: $E_b = n E_c$

On en déduit : $S/N = (1/n) E_{r}/No = R_{r}/W_{s} E_{r}/No$

Et: $(S/N)_{dB} = (E_b/No)_{dB} - G_e$

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

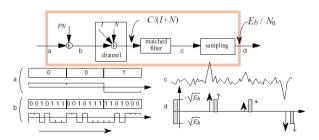
L'étalement de spectre





35

> Schéma simplifié d'une transmission



En l'absence d'interférence, $E_b / N_0 = n (C/N)$

en dB
$$\overline{(E_b/N_0)_{dB} = G_e + (C/N_0)_{dB}}$$
 où $G_e = 10 \log(n)$.

G_o = Gain d'étalement en dB n = spreading factor

L'étalement de spectre Gain d'étalement



> Gain d'étalement : comparaison IS95/WCDMA

Exemple si n = 128, alors $Ge = 10 \log_{10}(128) = 21,07 \text{ dB}$ si (E_b/N_0) dB = 8 dB alors (S/N) = 8 - 21,07 = -13,07 dB le niveau de bruit est $20 = 10^{13,07/10}$ fois le niveau de signal

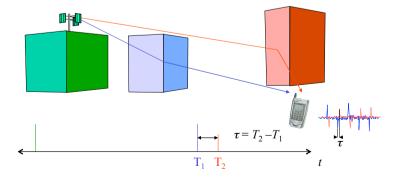
UMTS Exemple si n = 512, alors $Ge = 10 \log_{10}(512) = 27.09 \text{ dB}$ $si (E_b/N_0) dB = 8 dB alors (S/N) = 8 - 27.09 = -19.07 dB$ le niveau de bruit est $80 = 10^{19,07/10}$ fois le niveau de signal

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

L'étalement de spectre Récepteur Rake



> Propagation multi-trajet



Si $\tau > T_c$, les trajets sont distinguables $(T_c \approx 250 \, \mu s \sim 75 \, \text{m})$

L'étalement de spectre Récepteur Rake



Un récepteur avec un simple filtre adapté (ou d'une manière équivalente, comportant un simple corrélateur) ne peut suffir quand le canal de transmission comporte des trajets multiples.

Réponse impulsionnelle du canal de transmission (exemple)

doigts)

Filtre "Rake" avec trois correlateurs (digits ou décision

Remarque: en soft handover on peut combiner des corrélateurs calés sur des séquences différentes

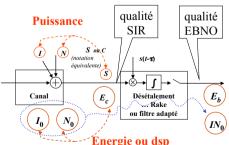
Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

L'étalement de spectre Qualité radio



Rapport signal à interférence :

- Le critère de qualité radio est le rapport de puissance : SIR := S/I(signal to interference ratio) En raisonnant sur des énergies par temps symbole, on peut écrire : $SIR = E_c / I_0$
- En radio mobile I >> Nl'interférence est le facteur dominant
- Attention $N_0 \neq N_0$ ((!!)) Le bruit blanc "canal" N_0 est différent du bruit en sortie du dés-étaleur (~interférences blanchies) noté aussi N_0 (IN_0 sur le sur la figure)



L'étalement de spectre Récepteur Rake



> Schéma d'une chaîne de transmission

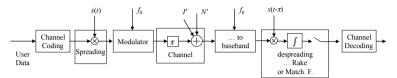


Schéma d'une transmission avec étalement par séquence directe

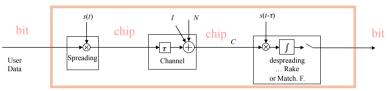


Schéma simplifié en bande de base

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

L'étalement de spectre



Qualité radio

> Échelle logarithmique : le dB, le dBm

On utilise une échelle logarithmique pour représenter les rapports signaux à bruit (ou à interférences)

$$X dB = 10 \log_{10}(X \text{ fois}) => X \text{ fois} = 10^{(X_dB/10)}$$

 $SIR_{dB} = 10 \log_{10}(SIR_{fois})$

Le dB milliwatt ou dBm:

$$P_{\text{dBm}} = 10 \log_{10}(P_{\text{mW}}).$$

Ex
$$SIR_{fois} = 2 \ll SIR_{dB} = 3 dB$$

10 dB = 10 fois 7 dB = 5 fois3 dB = 2 fois0 dB = 1 fois $-3 dB = \frac{1}{2}$ fois -10 dB = 1/10 fois $-13 \, dB = 1/20 \, fois$ -17 dB = 1/50 fois

Attention ... on utilise rarement les connotations ... (mais cela ne signifie pas que 2 = 3 (!))

L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : la canalisation



> Matrice d' Hadamard : définition

Notation $\pm 1, -1$

On considère des éléments de signal correspondant à une modulation antipodale (ex. PSK ou OPSK):

le chip "0" est représenté par +1 (ou plus simplement +) le chip "1" est représenté par -1 (ou plus simplement -)

Définition:

La matrice d'Hadamard peut être construite récursivement :

$$H_{2N} = \begin{bmatrix} +H_N & +H_N \\ +H_N & -H_N \end{bmatrix}$$
avec $H_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix}$.

 H_N est une matrice carrée de taille $N=2^m$ Un calcul rapide de la transformée d'Hadamard est possible en $N \times log_2(N)$ additions

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

. . .

L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : la canalisation



> Quelques propriétés :

Propriétés: On vérifie simplement que

- (i) $H_n^{\mathrm{T}} = H_n$ (la matrice est symétrique)
- (ii) $H_n \times H_n = 2^m I_n$ ($n = 2^m$; I_n matrice unité de taille n)

Reformulation de (ii)

Les lignes de la matrice H_n sont orthogonales entre elles

(Les signaux correspondants sont orthogonaux entre eux)

Exemple si
$$\underline{w} = (+,+,-,-)$$
 et $\underline{x} = (+,-,-,+)$ on vérifie que $\underline{w} \perp \underline{x}$ car le produit scalaire $\langle \underline{w}, \underline{x} \rangle$ est nul :
$$\langle \underline{w}, \underline{x} \rangle = (+1)(+1) + (+1)(-1) + (-1)(-1) + (-1)(+1)$$

$$= +1, -1, -1, -1 = 0$$

L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : la canalisation



Exemples

H₃₂ utilisée dans les premières sondes Mariner

H₆₄ utilisée dans le système IS95

H₁₂₈ utilisée dans le système IS95B

H₂₅₆, H₅₁₂ considérée dans le système WCDMA ... (H₁₆ considérée en TD-CDMA) Construction récursive de Sylvester

- · Les lignes d'une matrices sont orthogonales.
- L'orthogonalité n'est pas conservée si on décale un code par rapport à l'autre.
- L'orthogonalité est conservée si on affecte des poids différents à chaque code.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

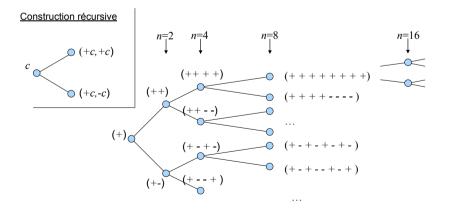
42

L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : la canalisation



> Une représentation graphique des matrices d'Hadamard



Le CDMA cellulaire : la canalisation



> Canalisation de (Walsh-)Hadamard

- If y a $n = 2^m$ lignes dans la matrice
 - $n \le 512$, en DL↓ ($n \le 256$ en UL↑)
 - En IS95, n = 64
- Les lignes de la matrice d'Hadamard permettent de définir des "canaux physique"
 - Ils correspondent dans une certaine mesure aux canaux physiques du GSM (n° de slot sur une fréquence)
 - Une ligne de la matrice est appelée code de Walsh
- En général, on n'utilise pas toutes les lignes, mais seulement une certaine proportion :
 - Le système serait « trop » chargé, il y aurait trop d'interférence,
 - On parle de système « limité par la qualité » (et non pas par le nombre de canaux)

Généralement : pas de limitation en codes

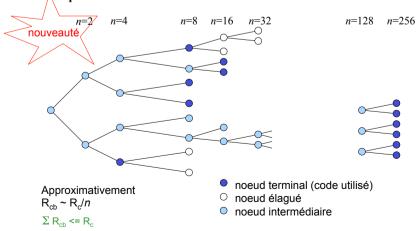
Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : la canalisation







L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : la canalisation

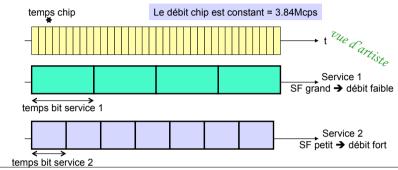


> Facteur d'étalement (SF) variable

 L'UMTS permet d'utiliser un facteur d'étalement (n=SF) variable suivant le débit nécessaire pour le service

« multi rate », « multi service »

• Orthogonal Variable Rate Spreading Factor Codes (OVSF)



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

46

L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : l'embrouillage

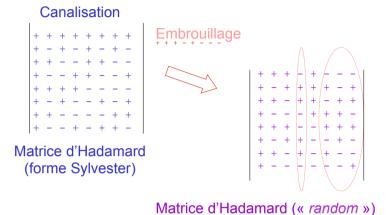


> Embrouillage : séquences PN

- Les lignes d'une matrice d'Hadamard (sous forme Sylvester) n'ont pas d'apparence « aléatoire »
 - Les séquences d'**embrouillage** (*scrambling*) sont là pour les "randomiser". Elles ont des propriétés d'auto-corrélation presque parfaites.
- Le système IS95 n'utilise que des *m-sequences*
 - Le système étant synchronisé (par GPS en général),
 les séquences utilisées par les différentes BS (base station) peuvent être déduites par décalage (offset) à partir d'une séquence unique suffisamment longue
 - De même pour les mobiles ...
- WCDMA utilise des familles plus sophistiquées de séquences (Gold)
 - Le système n'étant pas synchronisé, ...
 il faut utiliser des séquences différentes dans des BS proches et non des versions décalées d'une même séquence

Le CDMA cellulaire : l'embrouillage





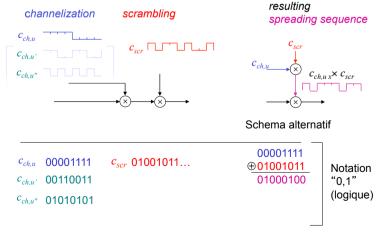
Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

4

L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : principes de transmission





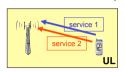
On peut donc voir l'émission comme faite en une seule étape : une multiplication par une séquence PN*W_i, où W_i est la ième séquence de Walsh répétée périodiquement.

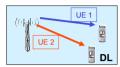
L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : principes de transmission

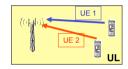


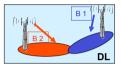
- Codes d'étalement (spreading codes) :
 - formés en combinant :
 - code de canalisation (channelisation code)





• séquence d'embrouillage PN (scrambling)





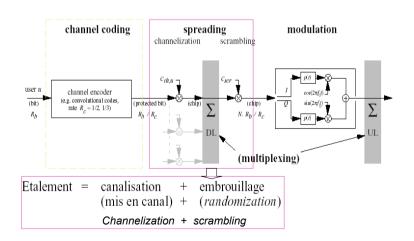
Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

50

L'étalement de spectre

Le CDMA cellulaire : principes de transmission







UMTS: Couches PHY, MAC, RLC La couche physique

Caractéristiques générales Fonctions Structure temporelle Canaux physiques Chaînes de transmission Transport

La couche physique





Les principales fonctions de la couche physique :

- Traitements RF,
- Synchronisation temps et fréquence,
- Modulation et étalement : canalisation (channelization) et embrouillage (scrambling),
- Entrelacement.
- Codage/décodage canal (FEC, code convolutionnel ou turbo code),
- Détection des erreurs (CRC),
- Multiplexage des canaux de transport,
- Mesures radio (SIR, puissance d'émission, etc),
- Procédures radio : accès aléatoire, contrôle de puissance en boucle fermée, exécution du soft hand-over.

La couche physique Caractéristiques générales



- L'UTRA-FDD se fonde sur du WCDMA à 3.84Mcps. Les modulations BPSK et QPSK sont utilisées.
- Sur la voie descendante, les canaux sont séparés par des codes OVSF ; les cellules sont séparées par des codes d'embrouillage.
- Sur la voie montante, les émissions des mobiles sont séparées par des codes d'embrouillage ; les services d'un même mobile par des codes OVSF.
- Bandes de fréquences :

DL: 2110-2170 MHz

- UL: 1920-1980 MHz

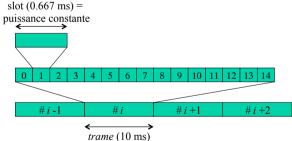
- Les bandes sont divisées en blocs de 5 MHz, chacun associé à une porteuse.
- En France, les opérateurs ont 3 porteuses.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

La couche physique



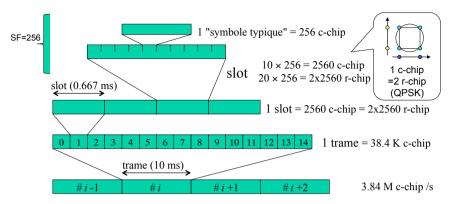
Structure temporelle



- $slot = 10 \, ms / 15 = 0.667 \, ms$ (une simple unité temporelle ≠ "slot TDMA")
- trame (frame) de 10ms (15 slots) numérotée par SFN (System Frame Number) modulo 4096.

La couche physique Structure temporelle





- A la réception, le désétallement peut se faire slot par slot
- Le décodage de canal peut de faire trame par trame (si TTI= 10ms)

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

57

La couche physique Canaux physiques



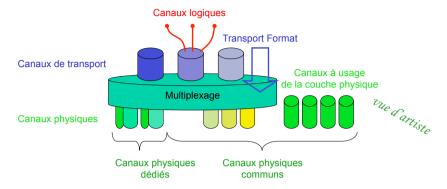
Canaux:

- Canaux logiques :
 - canaux offerts par le MAC au RLC,
 - spécifient le type d'information indépendamment de la manière dont elle est transmise, Quoi?
 - canaux de contrôle et de trafic.
- Canaux de transport :
 - services offerts par la couche PHY aux couches supérieures,
 - définis par la manière dont les données sont transférées (essentiellement codage et délai, i.e. TTI), Comment?
 - canaux dédiés ou communs.
- Canaux physiques :
 - définis par un code d'embrouillage, de canalisation (éventuellement), une structure temporelle.

La couche physique Canaux physiques



• Liens entre canaux logiques, de transport et physiques :

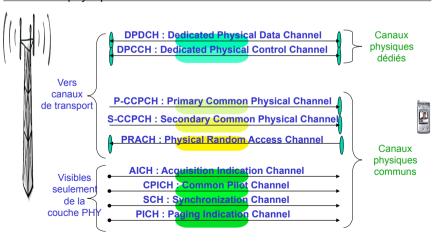


Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

50

La couche physique Canaux physiques





Canaux physiques dédiés



> Multiplexage data/contrôle physique

- Contrôle physique =
 - Pilot (~training) : séquence connue permettant l'estimation du canal.
 - TPC (Transmit Power Control): indique à l'émetteur s'il faut augmenter ou diminuer la puissance d'émission.
 - FBI (FeedBack Information UL): information de retour pour la diversité en transmission en boucle fermée.
 - TFCI (Transport Format Combination Indicator): schémas de codage et d'entrelacement utilisés.
- Données = pour la couche physique, i.e., il peut s'agir de signalisation pour les couches supérieures.
- En mode dédié, la manière d'insérer le contrôle « physique » est différente en UL et en DL

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

6

La couche physique

Canaux physiques dédiés : voie montante



• Format du DPDCH et du DPCCH (tiré de [3]):

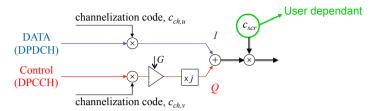


- Le débit sur DPDCH dépend du facteur d'étalement (2560 r-chips par slot).
- Format du DPCCH :
 - Facteur d'étalement constant 256, transmission de 10 bits,
 - La norme définit 12 formats de slot (N_{pilot} , N_{TPC} , N_{TFCI} , N_{FBI}),
 - Le format de slot est configuré par les couches supérieures.

La couche physique

Canaux physiques dédiés : voie montante





Dans le sens montant.

- un canal phy. de données DPDCH (DedPhyDataCh) est implémenté « en phase », I
- un canal phy. de contrôle DPCCH (DedPhyControlCh) (il s'agit du contôle physique) est implémenté « en quadature », Q
- <u>Remarque</u>: la référence de phase à fournir (pour distinguer I et Q) au NodeB est propre à chaque UE. Elle ne peut être mutualisée.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

62

La couche physique

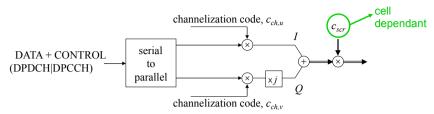
Canaux physiques dédiés : voie montante



- Exercice:
- Dans le sens montant, un canal phy. de données DPDCH ($\mathbf{DedPhyDataCh}$) est implémenté « en phase » avec un taux d'étalement SF \in {256, 128, 64, 32, 16, 8, 4}. Soit R_{chip} , le débit chip et R_{coding} , le taux de codage canal
 - Quel est le débit « utilisateur » ?
 - Que vaut R_{chip}?
 - Donner une valeur typique de R_{coding}
 - Application numérique avec SF=256 et SF=4.

Canaux physiques dédiés : voie descendante





Dans le sens descendant,

- les canaux phy. de données DPDCH et de contrôle DPCCH sont multiplexés sur le même "fil".
- <u>Remarque</u>: La référence de phase à fournir aux différents UE peut être mutualisée (contenue dans scrambling code, et dans le SCH)

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

6

La couche physique

Canaux physiques dédiés : voie descendante

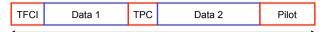


- Exercice:
- Quel est le débit binaire de l'ensemble DPCCH+DPDCH?
- Soit R_{pb}, le débit du DPCCH, donner le débit binaire utilisateur R_b, en fonction de R_{chip}, SF, R_{pb} et R_{coding}.

La couche physique

Canaux physiques dédiés : voie descendante





1 slot = 2560 chips complexes

- Le DPDCH et le DPCCH sont multiplexés en temps.
- Le nombre de bits par slot dépend du facteur d'étalement, identique pour les deux canaux physiques.
- La norme définit 49 formats de slot (N_{pilot}, N_{TPC}, N_{TFCI}, N_{FBI}, N_{data1}, N_{data2}).
- · Le format de slot est configuré par les couches supérieures.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

66

La couche physique

Canaux physiques dédiés : taux de codage global



Physical Layer Bit Rates (Downlink) Symbol rate | Bit rate | DPCCH | User bit rate

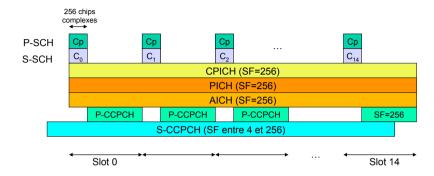
=Chip_rate/SF =Symbol_rate*2 overhead =Channel_bit_rate/2					
Spreading	Channel	Channel	DPDCH	Maximum user	
factor	symbol	bit rate	channel bit	data rate with 1/2-	
	rate	(kbps)	rate range	rate coding	
	(kbps)		(kbps)	(approx.)	
512	7.5	15	3-6	1–3 kbps	
256	15	30	12-24	6-12 kbps Half rate speech	
128	30	60	42-51	20-24 kbps Full rate speech	
64	60	120	90	45 kbps	
32	120	240	210	105 kbps	
16	240	480	432	215 kbps 144 kbps	
8	480	960	912	456 kbps 384 kbps	
4	960	1920	1872	936 kbps	
4, with 3	2880	5760	5616	2.8 Mbps 2 Mbps	
parallel			l	Z maps	
codes		l	ı	ľ	

Holma [1]



Canaux physiques communs : voie descendante

• Les canaux physiques communs sur la voie descendante :



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

69

La couche physique



Canaux physiques communs : voie descendante

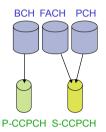
- · Canaux SCH et CPICH:
 - CPICH: il permet les mesures d'énergie et l'estimation de canal; il est codé avec le code d'embrouillage de la cellule.
 - SCH: il permet la synchronisation en temps (slot et trame) et l'obtention du code d'embrouillage de la cellule (avec le CPICH); il est nécessaire pour la recherche de cellule (cell search).
- Principe de la synchronisation (temps et code) :
 - 1. P-SCH : détection d'un réseau UMTS, choix de la cellule, synchronisation slot (le code Cp est unique).
 - S-SCH: synchronisation trame et identification d'un groupe de codes d'embrouillage (il y a 64 séquences C₀,...,C₁₄).
 - 3. CPICH: identification du code d'embrouillage (parmi 8).

La couche physique

Canaux physiques communs : voie descendante



- Diffusion de données :
 - P-CCPCH: il transporte les informations de contrôle en diffusion, broadcast (informations sur la cellule, de synchronisation en temps, ...).
 - S-CCPCH: il transporte le paging et le FACH (Forward Access Channel).
 - · C'est un canal partagé.
 - La dénomination « contrôle physique » est impropre puisque ce canal ne transporte que des informations de couches supérieures [3].



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

70

La couche physique



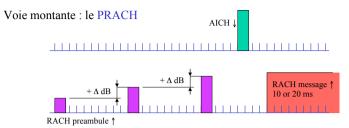
Canaux physiques communs: voie descendante

· Paging et allocation de ressources :

- PICH : il indique au terminaux s'ils sont susceptibles d'être pagés à la prochaine trame.
- AICH: Il permet au réseau d'indiquer qu'il a reçu une signature d'accès aléatoire sur le PRACH.
- PICH et AICH sont des canaux « d'indication » : les messages sont transmis sur le S-CCPCH

Canaux physiques communs : voie montante





L'accès aléatoire est géré par la couche Phy (et non MAC !) (procédure Aloha synchronisé + CDMA)

Le préambule est constitué d'une courte séquence de 1 ms.

AICH - Acquisition Indication Channel (~ accusé de réception du « ton » RACH)

La partie donnée Random Access message correspond à 400 ou 600 bits environ

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

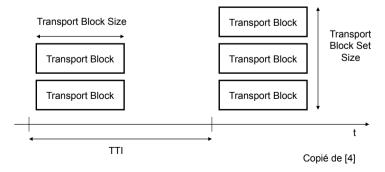
73

La couche physique

Transport: format de transport



- Un canal de transport peut regrouper plusieurs canaux logiques (qui seront transmis de la même manière par la couche PHY).
- Les valeurs sont <u>dynamiques</u> ou <u>semi-statiques</u> et sont configurées par échanges de messages RRC.
- Les caractéristiques de la transmissions sont données par le TFCI.



La couche physique

Transport : format de transport



- <u>Un</u> canal de transport correspond à un mode de transmission physique donné (format de transport):
 - TTI (*Transmission Time Interval*): durée pendant laquelle est transmis un bloc de transport, TTI ∈{10, 20, 40, (80)} ms,
 - CRC (présence et éventuellement taille) : détection d'erreurs,
 - Type de codage canal (convolutionnel ou turbo) et taux de codage,
 - Adaptation aux contraintes de la couche physique par poinçonnage ou répétition de certains bits, rate matching.
- Les données sont formatées en « blocs de transport ». Plusieurs blocs peuvent être envoyés à chaque TTI. Paramètres additionnels du format :
 - Transport Block Set Size: nombre de blocs par TTI,
 - Transport Block Size : taille des blocs.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

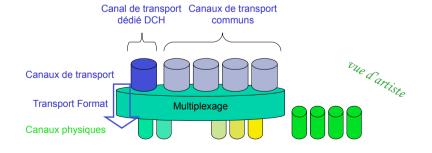
74

La couche physique

Transport : canaux



· Liens entre canaux de transport et physiques :



TELECOM ParisTect

Canaux

de

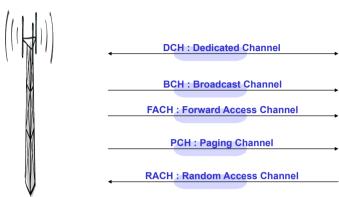
transport

dédiés

Canaux de transport

communs

Transport : canaux



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

77

La couche physique

Transport : canaux



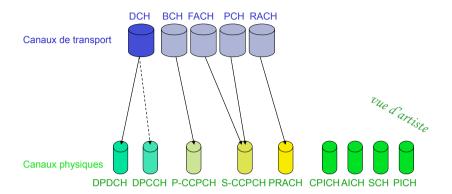
- DCH (UL/DL): il transporte toutes les informations dédiées à un utilisateur (données utilisateurs pour le service et information de contrôle des couches supérieures).
 - On peut multiplexer plusieurs DCH sur un DPDCH.
 - Il supporte le contrôle de puissance rapide et le soft hand-over.
- BCH (DL): il transporte les informations du réseau et de la cellule, e.g. codes et slots pour l'accès aléatoire.
- FACH (DL): il transporte des informations de contrôle ou de petites quantités de données utilisateur. Pas de contrôle de puissance rapide.
- PCH (DL): il transporte l'information nécessaire à l'initiation d'un appel par le réseau (paging).
- RACH (UL): il est utilisé pour l'accès aléatoire. Il peut transporter de petites quantités d'informations utilisateur.

La couche physique

Transport: canaux



• Correspondances canaux de transport / physiques :



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

La couche physique

Transport : canaux

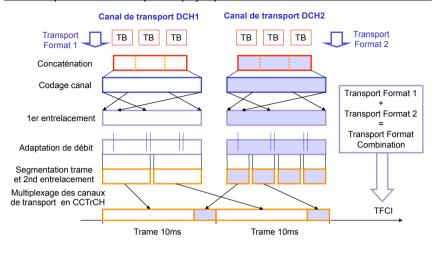


• Correspondance entre les états RRC et les canaux de transport.

Etat RRC	Canal de transport
Cell_DCH	DCH
Cell_FACH	FACH/RACH
Cell_PCH	PCH
URA_PCH	PCH
Idle	PCH

Transport: entre transport et physique





CCTrCH = Coded Composite Transport Channel

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

8

La couche physique

Transport: entre transport et physique



- « TFCI » (Transport Format Combination Indicator) indique, pour chaque « paquet radio » (radio frame) transmis, les élément suivants :
 - les canaux de transports momentanément sélectionnés,
 - le mode suivant lequel les différents blocs de données provenant des canaux de transports doivent être codés et « formatés » par la couche physique.
- Ces informations sont essentielles au récepteur pour interpréter le signal reçu (démoduler, décoder, démultiplexer ...).
- Le « TFCI » (Transport Format Combination Indicator) peut prendre 1023 valeurs (≈ 2¹⁰).
- Chaque TFCI est interprété grâce à un "dictionnaire" préalablement chargé dans le mobile par le RNC (Cf. RRC) lors de la configuration des bearers.
- Cela conduit à une myriade of schémas de modulation/étalement/codage ... (1 dans GSM, 4 dans GPRS, 9 dans EGPRS, 1023 dans UMTS pour une configuration donnée (!) ...).

La couche physique

Transport: entre transport et physique



- Multiplexage des canaux de transport
- Des unités de données sont transmises par la couche MAC vers la couche PHY
 - Celle-ci produit essentiellement des trames (*radio frame*) de durée minimale égale à 10 ms (au lieu de 20 ms dans GSM ou dans IS95)
- La couche PHY produit ainsi chaque 10 ms, un « paquet radio » (radio frame ou "burst") muni d'une étiquette (TFCI) qui indique comment le récepteur devra traiter ce "paquet".
- Ce « paquet radio » contient les données correspondant au canaux de transport sélectionnés par la couche MAC.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

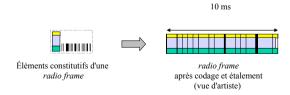
02

La couche physique

Transport: entre transport et physique



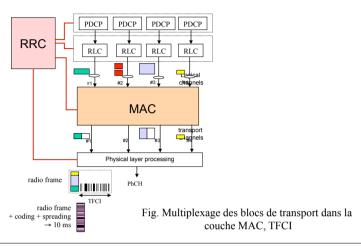
- Le « TFCI » (Transport Format Combination Indicator)
 - est protégé par un codage de canal spécifique introduit au niveau de la couche physique,
 - les éléments (bits protégés) du mot de code correspondant sont répartis sur les 15 slots d'une trame radio (10ms).



(28)

Transport: entre transport et physique





Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

85

Les sous-couches MAC/RLC Fonctions et architecture MAC



- La Sous Couche MAC assure les fonctionnalités suivantes :
 - La correspondance (mapping) entre les canaux logiques et les canaux de transport,
 - La sélection d'un format de transport approprié en fonction du débit,
 - Gestion de la priorité entre les flux de données d'un UE,
 - Gestion de la priorité entre UEs par un ordonnancement dynamique,
 - L'identification des UEs dans les canaux de transport communs,
 - La mesure du volume de trafic,
 - Exécution des passages canal dédié / canal commun sur instruction de RRC,
 - Le (dé)chiffrement pour le RLC mode transparent,
 - La sélection des Access Service Class pour la transmission sur RACH.

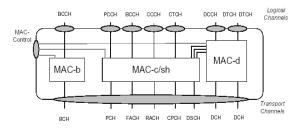


Les sous-couches MAC/RLC

Fonctions et architecture MAC Canaux logiques Les PDU MAC La sous-couche RLC

Les sous-couches MAC/RLC Fonctions et architecture MAC





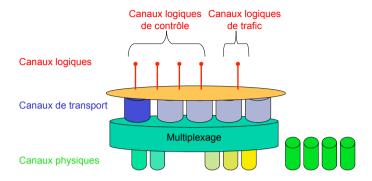
Services fournis aux couches plus hautes

- Data transfer (transfert non acquitté de MAC SDUs) entre entités MAC homologues, sans segmentation
- Réallocation de radio ressources et réajustement de paramètres MAC (sur requête de RRC pour réallocation de ressource)
- Changement de paramètres MAC
- Rapports de mesures (des mesures locales – MAC et RLC – sont transmises au RRC).

Les sous-couches MAC/RLC

Canaux logiques





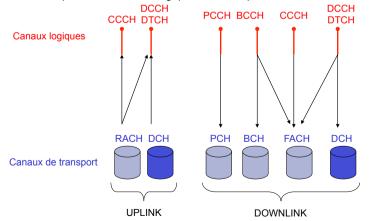
Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

Les sous-couches MAC/RLC

Canaux logiques



· Correspondances canaux logiques / de transport :



Les sous-couches MAC/RLC

Canaux logiques



- . BCCH (DL): Broadcast Control Channel Diffusion d'informations système (system information), e.g. informations permettant aux UE d'accéder au réseau.
- PCCH (DL): Paging Control Channel Envoi des informations de paging.
- DCCH (UL/DL): Dedicated Control Channel Transfert d'informations de contrôle entre l'UE connecté et le réseau, i.e. la signalisation UTRAN (RRC) et réseau coeur (MM, GMM, CM, SM).
- CCCH (UL/DL): Common Control Channel Transfert d'informations de contrôle entre l'UE non connecté et le réseau, e.g. signalisation à l'établissement de la connexion.
- DTCH (UL/DL): Dedicated Traffic Channel Transfert dédié d'informations utilisateur.

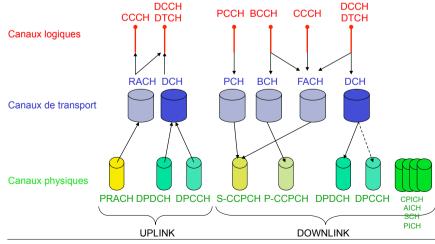
Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

Les sous-couches MAC/RLC

Canaux logiques



• Correspondances canaux logiques / de transport / physiques :

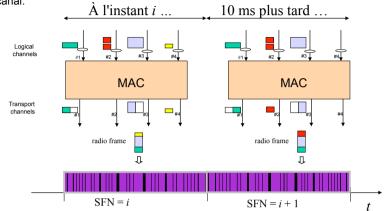


Les sous-couches MAC/RLC

Ordonnancement



- L'entité MAC sélectionne les blocs de transport selon la priorité, les paramètres de QoS, la charge des tampons RLC, ...
- Le degré de protection (taux de codage) peut varier suivant les condition du canal.



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

93

Les sous-couches MAC/RLC Les PDU MAC



95

- TCTF (Target Channel Type Field): ce champ identifie le type de canal logique transporté sur les canaux de transport FACH et RACH.
- UE-ld type et UE-ld : ces champs fournissent une identification de l'UE sur les canaux de transport partagés.
- **C/T** : ce champ identifie un canal logique particulier lorsque plusieurs canaux logiques de même type sont multiplexés sur un même canal de transport

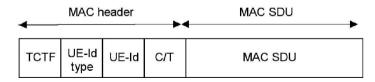


Figure 2.17 - Unité de données de protocole (PDU) MAC.

Les sous-couches MAC/RLC

La sous couche RLC



- Rôle: Fiabilisation en mode acquitté (ARQ, répétition sur requête)
 (fiabilise le lien radio. ... comme TCP fiabilise de bout en bout)
- 3 modes :
 - (Tr) transparent, ... on ne fait rien (sinon du bourrage),
 - (UM) Unacknowledge Mode, non acquitté, ... on numérote, on détecte les pertes.
 - (AM) Acknowledged Mode, acquitté, ... on numérote et on répète.
- · Segmentation / Concaténation (UM et AM) :
 - Segmentation de SDU en blocs (PDU)
 - Réassemblage de blocs en SDU
 - Concaténation de (petits) SDU dans un bloc
 - Fragmentation de blocs en SDU
- · Chiffrement (si activé avec UM et AM).

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

94

Les sous-couches MAC/RLC La sous couche RLC



- Mode Transparent (TM) :
 - Transfert de données.
 - Segmentation / réassemblage,
 - Suppression des SDU RLC après un trop grand délai,
 - Le chiffrement est fait dans le MAC.
- Mode Non-acquitté (UM) :
 - Transfert de données,
 - Segmentation / réassemblage,
 - Concaténation / dé-concaténation.
 - Suppression des SDU RLC après un trop grand délai,
 - Chiffrement,
 - Détection des SDU RLC erronés.
- Mode Acquitté (AM) :
 - Fonctions UM +
 - Reprises sur erreur,
 - Contrôle de flux,
 - Livraison en séquence.

Les sous-couches MAC/RLC

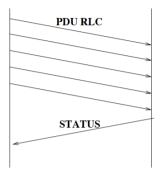
La sous couche RLC



• Exemple d'acquittement positif ou négatif en mode AM :

Entité RLC émettrice

Entité RLC réceptrice



Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

97

Les sous-couches MAC/RLC La sous couche RLC



- · Similarités avec le RLC du GPRS
 - Spécification plus ... mature (piggy backing)
 - Plusieurs instances (une par « bearer »)
 - On traite les plans « utilisateurs » ET « contrôle »
 - Mais pas de ARQ hybride comme en EGPRS ... (ou en HSDPA)

Les sous-couches MAC/RLC



La sous couche RLC

 L'ACK ou le NACK des PDU reçus est assuré par l'envoi par le récepteur de rapports appelés STATUS (PDU spécifique ou piggybacking).

.

- STATUS peut être envoyé périodiquement ou sur détection d'un PDU manquant.
- L'émetteur déclenche l'envoi d'un rapport en positionnant le bit Polling présent dans l'en-tête du PDU à 1.
- La sollicitation peut être faite si
 - le PDU à envoyer est le dernier dans la mémoire de l'émetteur ;
 - périodiquement sur expiration d'un temporisateur ;
 - sur expiration d'un temporisateur associé à chaque PDU au moment de son transfert :
 - après l'envoi d'un certain nombre de PDU ou SDU ;
 - lorsque la fenêtre d'émission a atteint un certain pourcentage de sa taille maximale.

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

98

Conclusion



A retenir

- · Architecture en couches, rôle des couches,
- Principe de l'étalement de spectre, spreading factor,
- · Canalisation et embrouillage, OVSF,
- · Fonctions de la couche PHY,
- · Canaux physiques, de transport, logiques,
- · Canaux physiques dédiés : multiplexage data vs. contrôle physique,
- Structure temporelle. TTI.
- · Modes RLC.

Plus optionnel:

- · Modulations numériques,
- · Récepteur Rake,
- · Les correspondances canaux logiques, transport, physiques,
- · Architecture MAC,
- Multiplexage des canaux de transport.

Références



- [1] H. Holma and A. Toskala, « WCDMA for UMTS », 3rd Ed., Wiley, 2004.
- [2] A. Brand and H. Aghvami, « Multiple Access Protocols for Mobile Communications », Wiley, 2002.
- [3] X. Lagrange et al., « Principes et Evolutions de l'UMTS », Hermes, 2005.
- [4] P. Lescuyer, « UMTS, les origines, l'architecture, la norme », Dunod, 2001.
- [5] 3GPP TS 25.211, « Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (FDD) ».
- [6] 3GPP TS 25.214, « Physical Layer Procedures ».
- [7] 3GPP TS 25.302, « Services Provided by the Physical Layer ».
- [8] 3GPP TS 25.301, « Radio Interface Protocol Architecture ».
- [9] 3GPP TS 25.321, « MAC Protocol Specification ».
- [10] 3GPP TS 25.322, « RLC Protocol Specification ».

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

10

La couche physique





• Débit "utilisateur" $R_b = [(2R_{chip}/SF) - R_{pb}(DPCCH)]x R_{coding} - R_{chip} = 3,84 Mchip/s, R_{coding} = 1/2 (typiquement)$

Solutions

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

La couche physique

Canaux physiques dédiés : voie montante



- Dans le sens montant, un canal phy. de données DPDCH (DedPhyDataCh) est implémenté « en phase » avec un taux d'étalement
 - $SF \in \{256, 128, 64, 32, 16, 8, 4\}$
 - Débit "utilisateur" $R_b = (R_{chin} / SF) \times R_{coding}$
 - $R_{chip} = 3.84 \text{ Mchip/s}, R_{coding} = 1/2 \text{ (typiquement)}$
 - Exemples:

SF= 256
$$\rightarrow R_b$$
 = 3840/(256*2) = 7,5 kb/s
SF= 4 $\rightarrow R_b$ = 3840/(4*2) = 480 kb/s

Solutions

Ph. Godlewski, M. Coupechoux, Ph. Martins - UMTS Couches PHY, MAC, RLC

. . . .