

# Laboratorní úloha – Studium parametrů a protokolů rádiového rozhraní sítě UMTS, simulace UMTS sítě

## Cíl

Získání základních znalostí o rádiovém rozhraní sítě UMTS, seznámení se s aplikací FTD pro monitorování parametrů UMTS sítě, použití této aplikace pro získání parametrů sítě a zjištění řídicích zpráv při navázaném hlasovém a datovém spojení.

## Požadavky na pracoviště

Mobilní telefon Nokia 6630 s nainstalovanou aplikací FTD, datový kabel, PC s programem Nokia PC Suite a Opnet Modeler.

## Úkoly

1. Prostudujte teoretický úvod a zaměřte se na protokoly a procedury rádiového rozhraní
2. Seznamte se s programem FTD, jeho skladbou a ovládáním.
3. Pomocí FTD nastavte přístroj, aby pracoval jen v módu UMTS (WCDMA).
4. Projděte si jednotlivé obrazovky programu, nejdůležitější jsou skupiny 41 a 46.
5. Podle nalezeného ID aktivní buňky zjistěte na internetové adrese [www.gsmweb.cz](http://www.gsmweb.cz) polohu základnové stanice Node B.
6. Zjistěte počet a sílu signálu dalších buněk v dosahu.
7. Při navázaném hlasovém hovoru sledujte změnu RRC stavu, zjistěte aktivní doménu při tomto spojení a sledujte výměnu RRC zpráv při navazování, průběhu a ukončení hovoru.
8. Navažte datové spojení PC přes mobilní terminál a otestujte přenosové rychlosti a odezvy a sledujte parametry tohoto spojení.
9. V simulačním prostředí Opnet Modeler otevřete nadefinovaný scénář „UMTS\_prubeh“, vytvořte trajektorii pro mobilní stanici, zobrazte si změnu aktivní sady mobilní stanice a průběh přijatého výkonu mobilní stanice během spojení.

## **Teoretický úvod**

System UMTS je systém používaný především v Evropě a byl navržen jako nástupce systému GSM. Síť UMTS odpovídá standardu IMT – 2000 a je možno ji realizovat na jádře již stávajících sítí GSM (mimo výjimky). Mezi sítěmi UMTS a GSM musí být zajištěna kompatibilita z důvodu postupného přecházení účastníků na novou technologii (tudíž obě sítě musí být schopny fungovat současně).

O standardizaci UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) se stará organizace 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) založená v prosinci 1998.

Pro sítě třetí generace byla zvolena technologie CDMA (Code Division Multiple Access), což je přístupová metoda kódového dělení. Konkrétně UMTS používá její variantu W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), což je širokopásmová přístupová metoda, která využívá větší šířku pásma (i s postranními pásmy 5MHz). V CDMA neexistuje žádné časové dělení a všichni uživatelé používají přidělené frekvenční pásmo po celou dobu. Jednotliví uživatelé se mezi sebou rozlišují pomocí přiděleného kódu, jeho násobením s původní informací vznikne širokopásmový signál (dojde k rozprostření do spektra).

Protokoly používané v UMTS jsou rozděleny do dvou rozdílných vrstev, a to tzv. „Non Access Stratum“ (NAS) a „Access Stratum“ (AS). NAS protokoly zajišťují přenos informací mezi UE a CN pro sestavení komunikace mezi koncovými body, například spojení s jiným UE. Obsahem mohou být uživatelské nebo řídicí informace obsahující potřebnou signalizaci pro sestavení a ukončení služby, nebo vykonání jiných specifických funkcí mobilní sítě. V každém případě jsou tyto informace nezávislé na nižších vrstvách protokolové struktury a také na prvcích přístupové sítě, kterými tyto informace procházejí na cestě mezi UE a CN. Příklady NAS protokolů v kontrolní rovině jsou protokoly Connection Management (CM) a Session Management (SM), které jsou odpovědné za řízení spojení s UE, a také protokoly Mobility Management (MM) a GPRS Mobility Management (GMM), zodpovědné za funkce v síťové vrstvě. V uživatelské rovině, hlavní NAS protokol v síťové vrstvě pro paketově prepínané služby je protokol IP, narozdíl od okruhově spínaných služeb, kde informace přicházejí přímo od zdroje bez nutnosti síťového protokolu.

Funkce je obdobná jako ve všech systémech založených na OSI modelu, tedy vrstva přijme data (SDU – Service Data Units) od nadřazené vrstvy, přidá definovaná záhlaví a řídicí data a doručí tyto data jako PDU (Protocol Data Units) nižší vrstvě. Na nejnižší vrstvě jsou data přeneseny vytvořeným kanálem na fyzické vrstvě (např. na určité frekvenci, v určitém timeslotu).

### ***Protokol MAC (Medium Access Control)***

MAC protokol je odpovědný za mapování logických kanálů na příslušné transportní kanály. Tento protokol zabezpečuje efektivní použití transportních kanálů, podle momentálního zatížení vybere vhodný transportní formát (TF) a přiřadí Transport Format Set (TFS) pro každý aktivní transportní kanál.

Transportní formát je vybrán podle Transport Format Combination Set (TFCS), která je přiřazena RRC protokolem a vytvořena při kontrole přijetí v RNC, když je sestaven nebo změněn RAB.

Funkce MAC vrstvy zahrnuje zajišťování priority datům spojení, zajišťování priority mezi UE (dynamické plánování a identifikace UE na transportních kanálech).

MAC vrstva zajišťuje multiplexování a demultiplexování RLC datových jednotek do a z transportních bloků (TB) doručených do a z fyzické vrstvy na fyzických kanálech a multiplexování a demultiplexování RLC datových jednotek do a ze sad transportních bloků (TBS) doručených do a z fyzické vrstvy na dedikovaných kanálech.

MAC vrstva je také zodpovědná za měření objemu dat na logických kanálech a oznamování tohoto RRC, na základě tohoto se rozhodne o provedení přepínání transportních kanálů; dynamické přepínání typů transportních kanálů (uskutečnění přepínání mezi společnými a dedikovanými transportními kanály), šifrování (pro transparentní RLC mód) a výběr třídy přístupové služby (ASC) pro přenos společných kanálů v uplinku.

Služby přenosu dat MAC vrstvy jsou poskytovány na logických kanálech. Typ přenesených informací definuje každý typ logického kanálu. Jsou rozděleny do 2 skupin: řídicí kanály (CCH) a přenosové (provozní) kanály (TCH). CCH jsou používány pro přenos informací řídicí roviny, TCH jsou používány pro přenos informací uživatelské roviny. [1]

### ***Protokol RLC (Radio Link Control)***

RLC protokol poskytuje segmentaci/sestavování datových jednotek a služby opětovného přenosu pro uživatelská (Radio Bearer) a řídicí data (Signaling Radio Bearer). Každá RLC instance je konfigurována RRC k funkci v jednom ze tří módů, a to *transparentní mód* (TM) (není přidáno žádné záhlaví), *nepotvrzovaný mód* (UM) (není použit žádný protokol pro opětovný přenos a doručení dat není garantováno) a *potvrzovaný mód* (AM) (je pro odstranění chyb použit mechanismus Automatic Repeat reQuest (ARQ)). Pro všechny RLC módy je na fyzické vrstvě použita detekce chyb CRC (Cyclic Redundancy Check) a výsledek CRC je doručen RLC současně s aktuálními daty.

Jedna z nejdůležitějších funkcí RLC protokolu je segmentace a sestavování různě dlouhých datových jednotek do/z menších RLC datových jednotek; korekce chyb (zabezpečena opětovným přenosem dat, nesekvenční doručení jednotek vyšších vrstev, řízení toku dat, detekce a oprava chyb, zahazování dat, šifrování a udržování definovaných kvalit služeb (QoS) na definované úrovni **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

### ***Protokol PDCP (Packet Data Convergence Protocol)***

Tento protokol existuje pouze v uživatelské rovině a jen pro paketově spínané služby. Jeho hlavní funkce jsou komprese nadbytečných řídicích informací (např. TCP/IP a RTP/UDP/IP záhlaví) při vysílání a dekomprese při přijímání, přenos uživatelských dat jako příjem dat od NAS a jejich přeposílání příslušným RLC entitám, a multiplexování jednotlivých rádiových spojení (RB) RLC entitě **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

### ***Protokol BMC (Broadcast Multicast Control)***

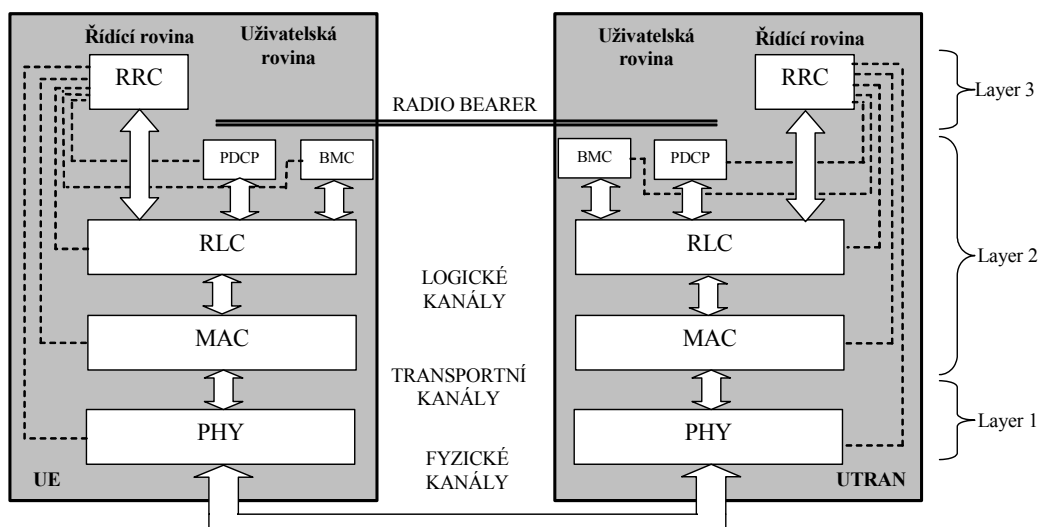
BMC protokol stejně jako PDCP existuje pouze v uživatelské rovině. Tento protokol poskytuje broadcastovou/multicastovou přenosovou službu na rádiovém rozhraní pro běžná uživatelská data v TM nebo UM módu. Využívá UM RLC a CTCH kanál namapovaný na kanál FACH. CTCH kanál musí být nakonfigurovaný a transportní kanál použitý sítí musí být indikován všem UE skrz RRC SIB (System Information Broadcast) na BCH kanále.

### ***Protokol RRC (Radio Resource Control)***

Protokol RRC řídí konfiguraci všech nižších protokolů (PDCP, BMC, RLC, MAC).

Signalizace RRC má na starosti signalizaci (řídicí rovina) mezi UE a UTRAN. Její funkce zahrnují:

- Vysílání informací poskytnutých AS a NAS (core network) všem UE.
- Sestavení, znovusestavení, udržování a ukončení RRC spojení mezi UE a UTRAN. Sestavení RRC spojení zahrnuje případnou resekci buňky, řízení přístupu a sestavení L2 signalizačního spojení.
- Na žádost vyšších vrstev může sestavit, rekonfigurovat a ukončit rádiové spojení (RB) v uživatelské rovině.
- Přiřazení, rekonfiguraci a odebrání rádiových zdrojů pro RRC spojení. Má na starosti přiřazení rádiových zdrojů (kódy, CPCH kanály) potřebných pro RRC spojení v řídicí i uživatelské rovině.
- Provádí vyhodnocení, rozhodnutí a vykonání operací mobility vztažených k RRC spojení během sestaveného RRC spojení, např. handover, příprava inter-system handoveru, resekci buněk a aktualizací procedury buňky, založené na měření mobilní stanice.
- Může vysílat pagingové informace ze sítě k vybranému UE na základě žádosti vyšších vrstev na straně sítě.
- Provádí směrování datových jednotek vyšších vrstev odpovídající vyšší entitě na straně UE, na straně UTRAN odpovídající RANAP (Radio Access Network Application Part).
- Zajišťuje požadovanou QoS pro rádiové spojení (RB), např. alokací dostatečných rádiových zdrojů.
- RRC protokol řídí měření prováděná UE ve smyslu co měřit, kdy měřit a jak podat hlášení. Provádí také oznamování o UE měření do sítě.
- Řízení výkonu Outer Loop Power Control. RRC řídí nastavení cílové hodnoty pro Closed Loop Power Control. Viz
- Řízení šifrování mezi UE a UTRAN
- Pomalou DCA (Dynamic Channel Allocation) pro dynamickou alokaci rádiových zdrojů.
- Rozhodnutí o rádiových zdrojích na DCH v uplinku.
- Počáteční selekci buňky a její resekci na základě měření.
- Ochranu integrity RRC zpráv, přidává kód MAC-1 do zpráv s citlivým obsahem
- Počáteční konfiguraci CBS (Cell Broadcast Service), konfiguraci BMC podvrstvy
- Řízení časování



**Obr. 1: Vrstvový model protokolů rádiového rozhraní**

Po zapnutí UE zůstane v **Idle** módu, dokud není do sítě odeslán požadavek na sestavení RRC spojení. V Idle módu je spojení s UE na všech AS vrstvách uzavřeno. V tomto módu je UE identifikováno NAS entitami jako IMSI (International Mobile Subscriber Identity), TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) a Packet-TMSI. RNC nemá žádnou informaci o konkrétním UE a může adresovat pouze např. všechny UE v buňce.

UTRA **Connected mód** je aktivní, když je navázáno RRC spojení. RRC spojení je definováno jako obousměrné spojení typu bod-bod mezi odpovídajícími entitami v UE a UTRAN. UE má buď žádné nebo jedno RRC spojení. Procedura sestavení RRC spojení může být zahájena pouze UE, kdy UE pošle zprávu s žádostí o sestavení tohoto spojení do UTRAN. Tato událost je spuštěna buď pagingovou žádostí ze sítě nebo žádostí vyšších vrstev v UE. Když je RRC spojení sestaveno, UE je přiřazena RNTI (Radio Network Temporary Identity) k identifikaci na kanálech CTCH. Když síť ukončí RRC spojení, signalizační spojení a všechna rádiová spojení (RB) mezi UE a UTRAN jsou ukončena. [1][2]

RRC stavy jsou:

- **Cell\_DCH.** V tomto stavu je UE alokován kanál DPCH, event. i kanál PDSCH. Do tohoto stavu se může dostat z Idle módu nebo sestavením kanálu DTCH ze stavu Cell\_FACH. V tomto stavu UE provádí měření podle zprávy RRC MEASUREMENT CONTROL. Přejít ze stavu Cell\_DCH do stavu Cell\_FACH může způsobit např. vypršení časovače neaktivity.
- **Cell\_FACH.** V tomto stavu není UE alokován kanál DPCH, namísto toho jsou pro přenos signalizace a malého množství uživatelských dat použity kanály RACH a FACH. UE naslouchá na kanále BCH a po vypršení časovače na FACH se dostane do podstavu Cell\_PCH.
- **Cell\_PCH.** V tomto stavu je lokace UE známa SRNC jen na úrovni buňky a UE může být dosaženo pouze pomocí pagingové zprávy. Tento stav dovoluje nízkou spotřebu energie. UE může použít nesouvislý příjem (DRX), přechází BCH k získání platných systémových informací a přejít do stavu Cell\_FACH při obdržení pagingové zprávy ze sítě nebo při uplinkovém přístupu (např. zahájeným UE pro resekci buňky).
- **URA\_PCH.** Tento stav je podobný stavu Cell\_PCH, až na to, že UE vykoná proceduru updatu buňky pouze když se změní URA (UTRAN Registration Area). Jedna buňka může patřit jedné nebo více URA aby se předešlo ping-pong efektu. Když množství updatů buňky překročí určitou mez, UE může přejít do stavu URA\_PCH. Kanál DCCH v tomto stavu nemůže být použit a jakákoliv aktivita může být vyvolána sítí pouze pomocí pagingové zprávy na kanále PCCH nebo při uplinkovém přístupu UE použitím kanálu RACH.

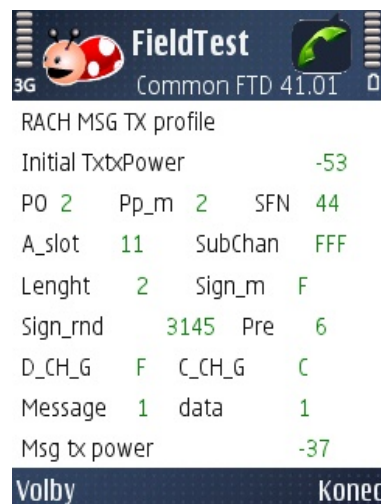
## Chování mobilního terminálu v síti

Chování mobilního terminálu v síti není jednoduše popsatelné, provádí se mnoho operací spojených s různými procedurami při jeho běžném používání uživatelem. Základní procedury mobilního terminálu a sítě pro zajištění správného chování a funkce mobilního terminálu v síti UMTS jsou:

- **Synchronizace UE se sítí**, kdy je nutné provést synchronizaci UE s Node B
- **Registrace UE a reSelekce buňky**
- **Řízení výkonu** pro zabezpečení co nejmenší spotřeby mobilního terminálu a snížení možnosti rušení
- **RRC signalizace**, například navázání hlasového hovoru, datového spojení
- **Procedury pro zajištění mobility** pro zajištění udržení spojení při změně stavu sítě
- **Měření rádiového rozhraní** za účelem efektivního využití rádiových zdrojů a zajištění mobility

## Měření rádiového rozhraní sítě UMTS

Aplikace FTD nijak neomezuje používání mobilního terminálu, v případě používání jiné aplikace zůstává spuštěna na pozadí. Uživatelské rozhraní aplikace FTD má 3 módy, tzv. Execute mód (vykonávací), Data display mód (zobrazovací) a Help mód (nápověda). Vykonávací mód dovoluje například vymazání čítačů, uzamknutí k NodeB atd. Zobrazovací mód je základní mód, ve kterém můžeme vidět hodnoty jednotlivých parametrů. Program je rozdělen do několika skupin, z nichž každá obsahuje několik podskupin. Mezi skupinami se dá přepínat pomocí horizontálních navigačních kláves a mezi podskupinami pomocí vertikálních (viz Obr. 2) [3]. Následující kapitoly znázorňují jednotlivé displeje programu FTD pro měření sítě UMTS včetně jejich náhledů s konkrétními hodnotami.



Obr. 2: Aplikace FTD

## Skupina 41: WCDMA

### Displej 41.01: RACH zpráva

Tento displej znázorňuje detailní informace o posledním přenosu RACH zprávy.

Po zapnutí UE v UMTS buňce začne provádět následující kroky (tzv. Initial UE Radio Access).

Nejdřív je ovšem potřeba na straně UE zvolit vhodný vysílací výkon, aby nerušilo ostatní uživatele v síti. Node B vysílá na kanále BCCH tzv. výkonový krok  $\Delta P$ , který UE přečte a UE vysílá po RACH/CPCH kanále RACH zprávu a čeká na potvrzení ACK. Pokud toto potvrzení nedostane než uplyne doba  $T_{CPCH}$ , sníží UE svůj vysílací výkon se kterým odeslal RACH zprávu  $P_{tr}$ .

$$P_{tr}(i+1) = P_{tr}(i) + \Delta P$$

Pokud je potvrzení přijato, pokračuje UE v následujících krocích:

#### **Krok 1: Synchronizace slotu**

Během této procedury UE hledá primární synchronizační kód kanálu SCH (Synchronization channel), který není skramblován, k synchronizaci slotu buňky. Primární synchronizační kód bývá stejný pro všechny buňky. Po jeho přečtení je UE časově synchronizováno s Node B.

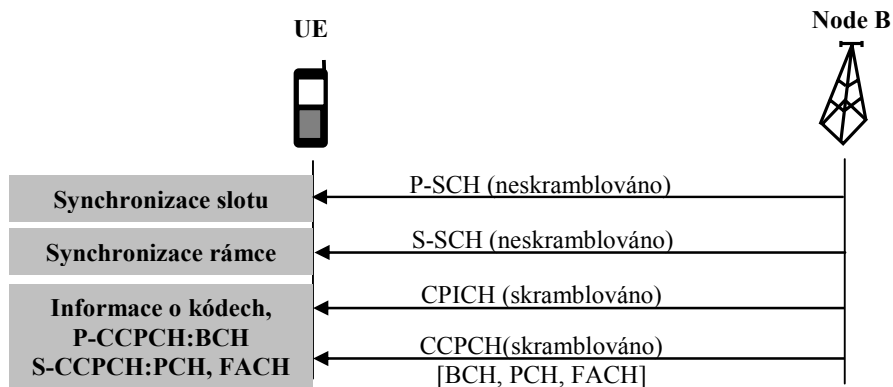
#### **Krok 2: Rámcová synchronizace a identifikace kódové skupiny**

Na základě špiček detekovaných pro primární synchronizační kód UE hledá největší špičku sekundárního SCH kódu (který také není skramblován) pro nalezení rámcové synchronizace a identifikaci kódové skupiny buňky. To je provedeno korelací přijatého signálu se všemi možnými sekundárními synchronizačními kódovými sekvencemi a identifikací maximální hodnoty shody.

#### **Krok 3: Identifikace skramblovacího kódu**

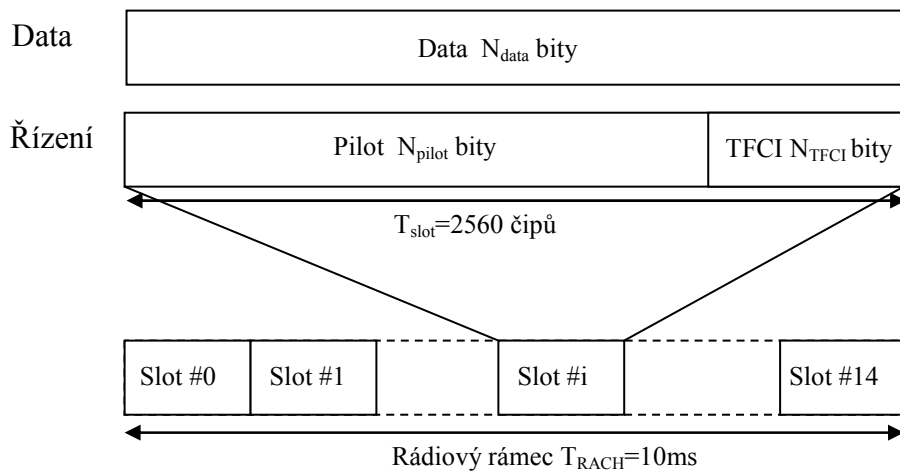
Během posledního kroku zjistí UE přesný primární skramblovací kód použitý nalezenou buňkou. Primární skramblovací kód je typicky identifikován pomocí symbolové korelace kanálu CPICH se všemi kódy kromě kódové skupiny identifikované ve druhém kroku. Poté co byl primární skramblovací kód identifikován, může být detekován kanál P-CCPCH který používá stejný skramblovací kód jako CPICH a UE může získávat informace na kanálu BCH a tím být schopno přijímat pagingové zprávy a umožní kanálu S-CCPCH přenášet PCH a FACH. Systémové informace přenášené BCH budou indikovat sekundární skramblovací kód aktuální Node B pro pozdější přenos dat na DCH. Pokud UE dostane informaci, které skramblovací kódy má hledat, kroky 2 a 3 mohou být zjednodušeny.

Cílem selekce buňky je najít vhodnou buňku co nejrychleji. Ke zrychlení tohoto procesu po zapnutí UE nebo po návratu z oblasti mimo pokrytí začne UE hledat buňku pomocí informací uložených z předešlého kontaktu se sítí..



**Obr. 3: Průběh synchronizace UE s Node B**

RACH zpráva je rozdělena do 15-ti slotů, každý délky 2560 čipů. Každý slot sestává ze dvou částí, datové a řídicí. K datové části je namapován transportní kanál RACH a řídicí část nese řídicí informace. Tyto části jsou vysílány paralelně. Zpráva (10ms) sestává z jedné části zprávy rádiového rámce. Datová část obsahuje  $10 \cdot 2^k$  bitů, kde  $k=0,1,2,3$ . To odpovídá rozprostírajícímu faktoru. [2]



**Obr. 4: Struktura rádiového rámce RACH zprávy**



**Tab. 1: Displej 41.01**

<pre> +++++ + RACH MSG TX profile + + Initial TtxtPower aaa + + Po bbb Pp_m ccc SFN ddd + + A_slot ee SubChan fff + + Lenght g Sign_m hhhh + + Sign_rnd iiii Pre lll + + D_CH_G k C_CH_G j + + Message m data n + + Message tx power ooo + +++++                 </pre>	<pre> RACH MSG TX profile Initial TtxtPower      -28 PO 2   Pp_m 2   SFN 8E4 A_slot 10   SubChan FFF Lenght  2   Sign_m  F Sign_rnd   1860 Pre   9 D_CH_G   F   C_CH_G   C Message  1   data    1 Msg tx power          -6                 </pre>
---	---

**Tab. 2: Popis hodnot displeje 41.01**

Zkratka	Parametr	Význam	Pozn.
aaa	Initial TtxtPower	Počáteční přenosový výkon [dBm]	S tímto výkonem vstupovalo UE do buňky.
bbb	Po	Parametr ΔP [dBm]	Výkonový krok
ccc	Pp_m	Parametr Pp_m [dBm]	Vysílací výkon řídicí části RACH zprávy
ddd	SFN	System frame number (HEX)	Parametr pro časování přenosu dat
ee	A_slot	První použitý access slot	Tento slot využilo UE při vstupu do buňky.
fff	SubChan	Maska subkanálu (HEX)	Pro poskytnutí priorit spojení. <b>Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.</b>
g	Lenght	Délka RACH zprávy	1: 10ms    2: 20ms
hhh	Sign_m	Značka masky subkanálu	Značka délky 16 čipů <b>Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.</b>
iiii	Sign_rnd	Náhodná značka	K náhodnému výběru access slotu <b>Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.</b>
lll	Pre	Počet přenesených záhlaví (HEX)	
k	D_CH_G	Zisk v datovém kanále (HEX)	
j	C_CH_G	Zisk v řídicím kanále (HEX)	
m	Message	Rozhodnutí o přenosu zprávy	0: Zpráva nebyla přenesena 1: Zpráva přenesena 2: Přenos zprávy zamítnut
n	data	Rozprostírací faktor	0:SF256    1:SF128

			2:SF64	3:SF32
ooo	Msg tx power	Hodnota výkonu při přenosu zprávy [dBm]		

### Displej 41.02: Stav řízení výkonu v uplinku

Na tomto displeji je zobrazen přehled o řízení výkonu na aktuálním vyhrazeném uplinkovém kanále.

Tab. 3: Displej 41.02

<pre> +++++ + Dedicated tx power info + + Tx min/max aaa bbb + + Tx current ccc + + Algo e step f SSdT g + + Tx loop h DPCCH i + + Comp mode j sync k + + PhCh min l PhCh max m + + PhCh average nnnnn + + Ul+ ooooo Ul- ppppp + +++++ </pre>	<pre> Dedicated tx power info Tx min/max      -38  -28 Tx current      -37 Algo 1  step 1  SSdT  0 Tx loop         0  DPCCH  0 Comp mode       0  sync   0 PhCh min       0  PhCh max  3 PhCh average           129 Ul+   749         Ul-  751 </pre>
---	---

Tab. 4: Popis hodnot displeje 41.02

Parametr	Význam	Pozn.
Tx min/max	Minimální / maximální vysílaný výkon [dBm]	
Tx current	Aktuální vysílací výkon [dBm]	
Algo	Aktuální algoritmus řízení výkonu	1: algoritmus 1      2: algoritmus 2
step	Parametr $\Delta_{TPC}$ [dBm]	Velikost výkonového kroku pro řízení výkonu
SSdT	Technika diverzitního příjmu	1: není aktivní      2: je aktivní
Tx loop	Řízení vysílacího výkonu uzavřenou smyčkou	0: není aktivní 1: mód 1              2: mód 2
DPCCH	Formát DPCCH rámce	hodnoty 1-5
Comp mode	Použití kompresního módu	0: Kompresní mód nepoužit 1: Kompresní mód použit (během přenosu dat UE měří i na jiné f)
sync	Stav Out of sync synchronizace	0: Out of sync neaktivní 1: Out of sync aktivní (vypíná vysílač UE při nízké kvalitě kanálu DPCCH)
PhCh min	Minimální bitová rychlost v PhCH použitá pro uplink rámců	Rozsah 1-6: $2^{(PhCh\ min - 1)} * 150$ Rozsah 8-12: $(PhCh\ min - 6) * 9600$

PhCh max	Maximální bitová rychlost v PhCH použitá pro uplink rámců	Rozsah 1-6: $2^{(\text{PhCh max} - 1)} * 150$ Rozsah 8-12: $(\text{PhCh max} - 6) * 9600$
PhCh average	Průměrná bitová rychlost v PhCH použitá pro uplink rámců	(0-57600)
Ul+	Vysílací výkon po příkazu k jeho zvýšení	
Ul-	Snížený výkon po příkazu k jeho zvýšení	

### Displej 41.03: Stav řízení výkonu v downlinku

Tento displej poskytuje přehled o řízení výkonu na aktuálním vyhrazeném downlinkovém kanále.

Tab. 5: Displej 41.03

<pre> +++++ + Dedicated tx power info + + + + SIR minimum aaaa + + SIR maximum bbbb + + SIR current cccc + + Downlink increase dddd + + Downlink decrease eeee + + + + + +++++ </pre>	
---	--

Tab. 6: Popis hodnot displeje 41.03

Zkratka	Parametr	Význam
aaaa	SIR minimum	$SIR_{min}$ [dBm]
bbbb	SIR maximum	$SIR_{max}$ [dBm]
cccc	SIR current	$SIR_{act}$ [dBm]
dddd	Downlink increase	Počet příkazů ke snížení výkonu
eeee	Downlink decrease	Počet příkazů ke zvýšení výkonu

Hodnota  $SIR_{min}$  značí minimální odstup signál-šum, který musí být zajištěn pro správné rozpoznání dat v UE. Naopak  $SIR_{max}$  omezuje maximální odstup signál-šum pro zamezení rušení ostatních stanic.

## Displej 41.10: Shrnutí okolních FDD buněk

Tento displej shrnuje počet buněk aktivní, monitorované, detekované a nedetekované sady na 3 frekvencích. Aktivní a detekovaná sada obsahuje pouze buňky na domácí frekvenci.

Tab. 7: Displej 41.10

+++++	
+ FDD neighbour cell info +	FDD neighbour cell info
+ Active cells aa +	Active cells 1
+ Intra cells bb +	Intra cells 2
+ Inter 1 freq cc +	Inter 1 freq 0
+ Inter 2 freq dd +	Inter 2 freq 0
+ Detected cells ee +	Detected cells 0
+ Intra cells undetect ff +	Intra cells undetect 25
+ Inter 1 freq undet gg +	Inter1 freq undet 0
+ Inter 2 freq undet hh +	Inter2 freq undet 0
+++++	

Tab. 8: Popis hodnot displeje 41.10

Zkratka	Parametr	Význam
aa	Active cells	Počet buněk aktivní sady
bb	Intra cells	Počet buněk na intra frekvenci v monitorované sadě
cc	Inter 1 freq	Počet buněk na první inter frekvenci v monitorované sadě
dd	Inter 2 freq	Počet buněk na druhé inter frekvenci v monitorované sadě
ee	Detected cells	Počet buněk detekované sady
ff	Intra cells undetect	Počet nedetekovaných buněk na intra frekvenci ze seznamu sousedních buněk
gg	Inter 1 freq undet	Počet nedetekovaných buněk na první inter frekvenci ze seznamu sousedních buněk
hh	Inter 2 freq undet	Počet nedetekovaných buněk na druhé inter frekvenci ze seznamu sousedních buněk

Měřené buňky jsou rozděleny do tří rozdílných sad:

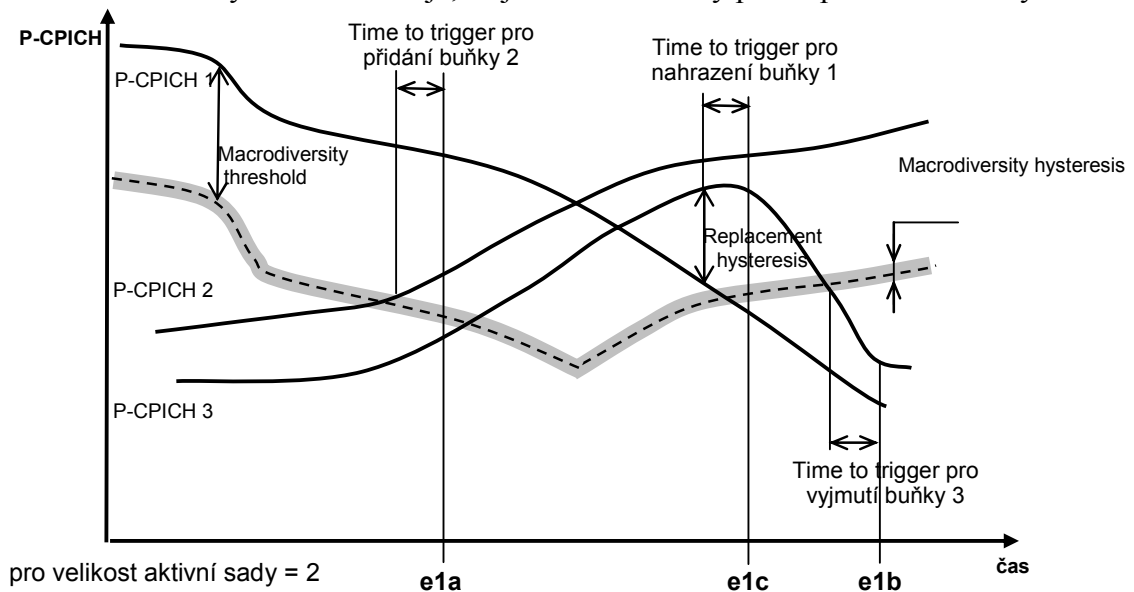
- **Aktivní sada** buněk - Buňky aktivní sady jsou FDD buňky zapojené v softwaru a/nebo softwaru handoveru, tedy buňky patřící do aktivní sady UE.
- **Monitorovaná sada** buněk - Buňky monitorované sady nepatří do aktivní sady, ale jsou monitorovány podle seznamu sousedních buněk určených SRNC v řídicích informacích měření. UE může získat tento seznam buď použitím zprávy RRC Measurement Control zaslané na DCCH nebo přečtením SIB 11 nebo 12 z BCCH.

- **Detekovaná sada buněk** - Buňky detekované sady byly detekovány UE nehledě na to že nepatřily do aktivní sady nebo nebyly zmíněny v seznamu sousedních buněk. Měření těchto buněk je prováděno pouze když UE je ve stavu Cell-DCH.

O zařazení buňky do aktivní sady během navázaného RRC spojení je rozhodnuto podle následujících parametrů:

**Oznamovací rozsah** (reporting range/macrodiversity threshold) je omezené pásmo úrovně nejsilnější buňky aktivní sady. Obrázek naznačuje situaci kdy primární CPICH sousední buňky vstoupí a vystoupí z oznamovacího rozsahu a odpovídající zpráva o měření je poslána do SRNC.

**Hystereze** (macrodiversity hysteresis) je použita k definování hranice nejnižší úrovně oznamovacího rozsahu. Hystereze zaručuje, že jsou oznamovány pouze podstatné změny.



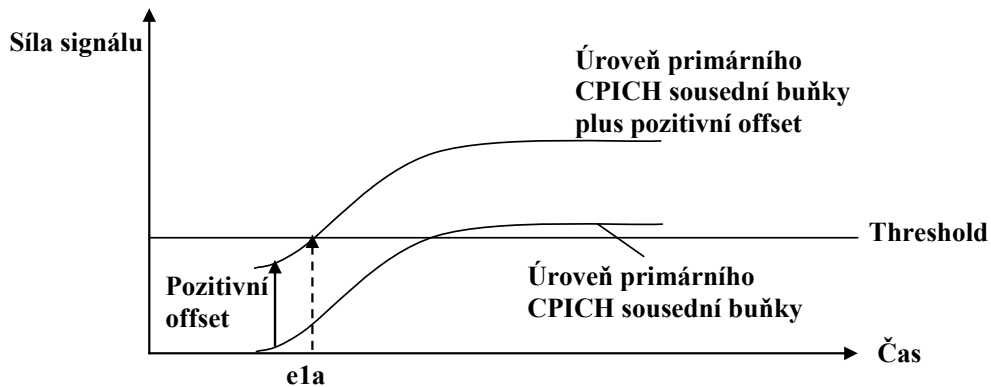
**Obr. 5: Vliv parametrů hystereze, time to trigger a threshold**

V uvedeném příkladu je znázorněno, kdy nastanou a jsou oznamovány události e1a, e1b a e1c pro buňky 1, 2 a 3.

- **e1a** – Primární CPICH vstoupí do oznamovacího rozsahu (reporting range)
- **e1b** – Primární CPICH opustí oznamovací rozsah (reporting range)
- **e1c** – Neaktivní primární CPICH se stane lepším než aktivní primární CPICH

Další parametr, který limituje oznamování RRC měření je tzv. „**time-to-trigger**“, který eliminuje oznamování měření způsobených krátkodobými špičkami úrovně signálu, tzn. pouze buňka, která zůstává silná po delší čas (definován hodnotou time-to-trigger) je přidána do aktivní sady spojení.

Dalším parametrem je „**offset**“, což je hodnota přidaná nebo odečtená od změřené úrovně signálu. Tato hodnota je různá pro každou měřenou buňku. Výsledkem je, že událost bude oznámena dříve nebo později než dosáhne prahové hodnoty dané buňky. To může být užitečné když operátor ví, že některá buňka by měla být zvýhodněna („positive offset“), i když zatím není dostatečně silná. V praxi se většinou používá negativní offset („negative offset“), protože je dobré odebrat buňky z aktivní sady už když mají sklon k velmi rychlé ztrátě signálu. Je také možné některé definované buňky z RRC měření úplně vyloučit.



Obr. 6: Vliv parametru Offset

### Displej 41.11: Hodnocení FDD buněk

Na tomto displeji jsou zobrazeny 4 nejlépe hodnocené buňky. Hodnotící kritéria (RSCP, EcNo) jsou automaticky vybrány v závislosti na parametrech získaných ze sítě.

Tab. 9: Displej 41.11

<pre> +++++ + FDD ranking summary + + Freq1 BS1 System + + aaaaa eee i + + Freq2 BS2 System + + bbbbb fff j + + Freq3 BS3 System + + ccccc ggg k + + Freq4 BS4 System + + ddddd hhh l + +++++ </pre>	<pre> FDD ranking summary Freq1   BS1   System 10564   406   W Freq2   BS2   System 10564   422   w Freq3   BS3   System 10564   411   w Freq4   BS4   System 0       0     - </pre>
--	--

Tab. 10: Popis hodnot displeje 41.11

Zkratka	Parametr	Význam
aaaaa	Freq1	Frekvenční kód buňky 1, frekvence=Freq1 / 5
bbbbbb	Freq2	Frekvenční kód buňky 2, frekvence=Freq2 / 5
ccccc	Freq3	Frekvenční kód buňky 3, frekvence=Freq3 / 5
dddddd	Freq4	Frekvenční kód buňky 4, frekvence=Freq4 / 5
eee-hhh	BS1-4	Cell ID
i, j, k, l	System	Označení buněk viz: “W“ – FDD domovská buňka, “w“ – FDD

	sousední buňka, "g" – GSM sousední buňka
--	--

**Displej 41.12: Shrnutí naměřených hodnot FDD**

Zde jsou zobrazeny naměřené hodnoty RSSI na třech FDD frekvencích, ovšem většinou velká část buněk pracuje na stejné frekvenci, s výjimkou například mikrobuněk či menších buněk.

**Tab. 11: Displej 41.12**

<pre> +++++ + FDD frequency summary + +           + + Freq INTRA RSSI + + aaaaa dddd + + Freq INTRA RSSI + + bbbbb eeee + + Freq INTRA RSSI + + ccccc ffff + + + +++++ </pre>	<pre> FDD frequency summary Freq          INTRA RSSI 10564         696 Freq          INTRA RSSI 0             0 Freq          INTRA RSSI 0             0 </pre>
---	---

**Tab. 12: Popis hodnot displeje 41.12**

Zkratka	Parametr	Význam
aaaaa	Freq	Frekvenční kód domácí buňky, frekvence=Freq / 5
bbbbbb, ccccc	Freq	Frekvenční kódy buněk na inter frekvenci, frekvence=Freq / 5
dddd	INTRA RSSI	Hodnota RSSI domácí buňky
eeee, ffff	INTRA RSSI	Hodnota RSSI první buňky na inter frekvenci

**Displej 41.13: Shrnutí buněk na intra frekvenci**

Tento displej zobrazuje status osmi nejlépe hodnocených sousedních buněk na domácí frekvenci. Ec je poměr Ec/No. Zjednodušeně lze říci, že je to odstup síly signálu dané buňky od součtu veškerého signálu v daném kanále, v dB. Mobilní stanice v klidu monitoruje jen výrazné sousední buňky. Během hovoru monitoruje všechny sousední buňky do odstupu 25 dB. Pro převod naměřené hodnoty na hodnotu v dB existuje převodní tabulka.

**Tab. 13: Displej 41.13**

<pre> +++++ + FDD intra freq neigh + + Stat ID Ec Stat ID Ec + +  a bbb cc    d eee ff + + Stat ID Ec Stat ID Ec + +  g hhh ii    j kkk ll + + Stat ID Ec Stat ID Ec + +  m nnn oo    p qqq rr + + Stat ID Ec Stat ID Ec + +  s ttt uu    v xx yy + +++++ </pre>	<pre> FDD intra freq neigh Stat ID Ec Stat ID Ec m 406 9    a 422 9 Stat ID Ec Stat ID Ec m 411 15   - 0 0 Stat ID Ec Stat ID Ec - 0 0     - 0 0 Stat ID Ec Stat ID Ec - 0 0     - 0 0 </pre>
--	---

**Tab. 14: Popis hodnot displeje 41.13**

Zkratka	Parametr	Význam
a, d, g, j, m, p, s, v	Stat	Status buňky: "a" – aktivní buňka, STTD není aktivní na PCCPCH "m" – monitorovaná buňka, STTD není aktivní na PCCPCH "d" – detekovaná buňka, STTD není aktivní na PCCPCH "u" – nedetekovaná buňka, STTD není aktivní na PCCPCH "n" – nerozeznaná buňka, STTD není aktivní na PCCPCH "A" - aktivní buňka, STTD aktivní na PCCPCH "M" - monitorovaná buňka, STTD aktivní na PCCPCH "D" - detekovaná buňka, STTD aktivní na PCCPCH "U" - nedetekovaná buňka, STTD aktivní na PCCPCH "N" - nerozeznaná buňka, STTD aktivní na PCCPCH
bbb, eee, hhh, kkk, qqq, ttt, xxx	ID	Node B ID
cc, ff, ii, ll, oo, rr, uu, yy	Ec	Hodnota Ec/No domácí buňky (viz <b>Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.</b> )

STTD (Space Time Transit Diversity) je technika diverzifikačního příjmu, kdy UE přijímá signál z více (2) zdrojů, není ovšem použitelná na všech fyzických kanálech.

V případě intrafrekvenčního měření je UE zaslán seznam sousedních buněk který obsahuje primární skramblovací kódy buněk, které mají být měřeny a přiřadí Cell ID každé



buňce v seznamu. Poté je definována kvantita měření parametrem  $E_c/N_o$  (Energy per Chip-to-Total Noise) což je poměr výkonu přijatého signálu (RSCP) na kanále P-CPICH a celkové síly signálu nosné frekvence (RSSI - Received Signal Strength Indicator)(1). Buňka je vhodná, pokud splňuje kritéria pro selekci buňky (2). Tato kritéria jsou Squal (3) a Srxlev (4).

$$E_c / N_o = \frac{P - CPICH \text{ RSCP}}{UTRA \text{ Carrier RSSI}} \quad (1)$$

$$Srxlev > 0; Squal > 0 \quad (2)$$

$$Squal = Q_{qualmeas} - (Q_{qual \min} + Q_{qual \min \text{ Offset}}) \quad (3)$$

$$Srxlev = Q_{rxlevmeas} - (Q_{rxlev \min} + Q_{rxlev \min \text{ Offset}}) - P_{compensation} \quad (4)$$

### Displej 41.17: Detailní informace o vybrané buňce

Na tomto displeji je možno zjistit detailní informace o vybrané buňce. Program umožňuje vybrat buňku zadáním frekvenčního kódu a Cell ID.

Tab. 15: Displej 41.17

<pre> +++++ + FDD detailed cell info + + + + Frequency code aaaaa + + RSSI bbbb BsID ccc + + R_Order dd BsStatus e + + Syncro f TxDiv g + + Frame timing hhhhh + + SCPICH l EcNO jjj + + RSCP kkkk + +++++ </pre>	<pre> FDD detailed cell info  Frequency code          0 RSSI  0      BsID      0 R_Order  0      BsStatus  N Syncro   -      TxDiv    - Frame timing             0 SCPICH   -      EcNO     0 RSCP    0 </pre>
---	--

Tab. 16: Popis hodnot displeje 41.17

Zkratka	Parametr	Význam
aaaaa	Frequency code	Frekvenční kód vybrané buňky, frekvence= aaaaa / 5
bbbb	RSSI	RSSI vybrané buňky
ccc	BsID	Node B ID
dd	R_Order	Pořadí buňky
e	BsStatus	Status NodeB: A: patří do aktivní sady M: patří do monitorované sady D: patří do detekované sady

		U: nedetekovaná buňka                      N: Node B jiného operátora
f	Syncro	Status synchronizace: N: nesynchronizováno S – synchronizováno                      D – dekodovaný SFN
g	TxDiv	Status diverzitního příjmu: - – STTD není použit na PCCPCH s – STTD je použit na PCCPCH
hhhhh	Frame timing	Rámcové časování ve vybrané buňce v závislosti na systémových hodinách
l	SCPICH	Status měření na kanále S-CPICH - - S-CPICH nepoužit                      S- S-CPICH použit
jjj	EcNO	Ec/No
kkkk	RSCP	RSCP

## Skupina 46: WCDMA RAN systém

### Displej 46.01: RRC stav

Displej 46.01 znázorňuje aktuální RRC stav, doménu ve které je aktivní služba realizována a informace o šifrování.

Tab. 17: Displej 46.01

<pre> +++++ + RRC Global status + + + + Global state aaaaaaaa + + Active Domain CS: b + + Active Domain PS: c + + Drop cause dddddddddd + + CIPHERING CS e + + CIPHERING PS f + + + +++++ </pre>	<pre> RRC Global status Global state      cell-dch Active Domain CS:      1 Active Domain PS:      0 Drop cause      NORMALRELEAS CIPHERING CS      1 CIPHERING PS      0 </pre>
--	--

Tab. 18: Popis hodnot displeje 46.01

Zkratka	Parametr	Význam
aaaaaaa	Global state	RRC stav ( <b>Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.</b> ): OoZ, idle-pch, cell-dch, cell-fach, cell-pch, ura-pch
b	Active domain CS	RRC aktivní doména CS (Circuit Switched): 0/1
c	Active domain PS	RRC aktivní doména PS (Packet Switched): 0/1
ddddddd	Drop cause	Příčina ukončení posledního spojení
e	CIPHERING CS	Status šifrování v CS doméně: 0 – vypnuto, 1 – zapnuto
f	CIPHERING PS	Status šifrování v PS doméně: 0 – vypnuto, 1 – zapnuto

## Displej 46.02: RRC zprávy

Tento displej znázorňuje posledních sedm RRC zpráv od MSC, přičemž nejstarší zpráva je vždy prázdná. Význam jednotlivých zpráv viz [2].

Tab. 19: Displej 46.02

+++++	PEER message MSC
+ PEER message MSC +	PEER message ID MeCn
+ PEER message ID aaaaa +	PEER message ID ASUp
+ PEER message ID bbbbbb +	PEER message ID MeCn
+ PEER message ID ccccc +	PEER message ID ASUpC
+ PEER message ID ddddd +	PEER message ID ASUp
+ PEER message ID eeeee +	PEER message ID MeCn
+ PEER message ID fffff + v	PEER message ID ASUpC
+ PEER message ID hhhhh +	
+++++	

Tab. 20: Popis hodnot displeje 46.02

Zkratka	Parametr	Význam
a(5)...h(5)	PEER message ID	RRC zpráva

### Význam jednotlivých RRC zpráv:

- ASUp** - Active Set Update (C - Complete) – příkaz k aktualizaci aktivní sady (C –aktulizace dokončena), přenášena po kanále DCCH nebo DCH.
- CU** - Cell Update (Cnf - Confirm) – iniciuje změnu buňky (Cnf – potvrzení o změně), přenášena po kanále RACH. Pouze pro RRC stavy Cell\_FACH a Cell\_PCH.
- MeCn** - Measurement Control – měření dosažitelných buněk pro rozhodování o aktivní sadě, přenášena po kanále DCCH
- PAGE** - Paging Type x – pagingová zpráva pro ohlášení např. příchozího hovoru, přenášena po kanále PCH ve stavu Cell\_PCH
- PCRC** - Physical Channel Reconfiguration (C - Complete) – příkaz k rekonfiguraci fyzického kanálu (C - rekonfigurace dokončena), přenáší se na kanále DCCH
- RBRC** - Radio Bearer Reconfiguration (C - Complete) – rekonfigurace rádiového nosiče (C-dokončena), kanál DCCH
- RBRI** - Radio Bearer Release (C - Complete) – uvolnění rádiového nosiče (C - dokončena), kanál DCCH
- RBSt** - Radio Bearer Setup (C - Complete) – sestavení rádiového nosiče (C - dokončeno), kanál MCCH
- RCRI** - RRC Connection Release (C - Complete) – ukončení RRC spojení (C - dokončeno), kanál DCCH
- RCReq**- RRC Connection Request – žádost o sestavení RRC spojení, kanál CCCH/RACH
- RCSt** - RRC Connection Setup (C - Complete) – sestavení RRC spojení (C - dokončeno)

**SecM** - Security Mode Command (C - Complete) – zabezpečení spojení (C – dokončeno), kanál DCCH

### Displej 46.03: Hodnoty RNTI

Zde jsou znázorněny aktuální hodnoty RNTI (Radio Network Temporary Identifier), USRNTI (UTRAN Service RNTI) – dočasný indikátor přiřazený UE při RRC spojení a C-RNTI (Cell-RNTI).

**Tab. 21: Dispej 46.03**

<pre> +++++ + RNTI values + + + + USRNC identity aaa + + USRNTI bbbbbb + + C-RNTI cccc + + + + + + + + + +++++ </pre>	<pre> RNTI values ----- USRNC identity    ED09 USRNTI           111904 C-RNTI           0 </pre>
---	--

**Tab. 22: Popis hodnot displeje 46.03**

Zkratka	Parametr	Význam
aaa	USRNC identity	Identifikátor SRNC (0-FFFF)
bbbbbb	USRNTI	Identifikátor USRNTI (0-FFFF)
cccc	C-RNTI	Identifikátor C-RNTI (0-FFFF)

### Displej 46.04: Schopnosti šifrování

Na tomto displeji je možno zobrazit a nastavit schopnosti šifrování – možné vstupy viz [3].

**Tab. 23: Displej 46.04**

<pre> +++++ + Ciphering capability + + + + UEA0 ciphering: + + aaaaaaaaaa + + + + UEA1 ciphering: + + bbbbbbbbb + </pre>	<pre> Ciphering capability ----- UEA0 ciphering: ENABLED  UEA1 ciphering: ENABLED </pre>
--	--

+ + + + +++++	
---------------------	--

**Tab. 24: Popis hodnot displeje 46.04**

Zkratka	Parametr	Význam
aaaaaaa	UEA0 ciphering	Status šifrovacího algoritmu UEA0 – ENABLED / DISABLED
bbbbbbb	UEA1 ciphering	Status šifrovacího algoritmu UEA1 – ENABLED / DISABLED

### Displej 46.05: Selekce buňky

Zde jsou zobrazeny informace o aktuální síti PLMN (Public Land Mobile Network). V obrázku vidíme, že při tomto měření byla použita síť PLMN s identifikátorem 23002F, který využívá síť operátora O2 s frekvenčním kódem 10564.


**Tab. 25: Displej 46.05**

+++++ + Cell selection - 2 + + + + PLMN number aaaaaa + + Search type bbbbbbb + + Trigger type cccccc + + PLMN frequency ddddd + + PLMN scramble code eee + + + + + +++++	Cell selection - 2  PLMN number 23002F Search type Fr/Scr Trigger type NotApl PLMN frequency 10564 PLMN scramb code 422
---	---

**Tab. 25: Popis hodnot displeje 46.05**

Zkratka	Parametr	Význam
aaaaaa	PLMN number	Označení PLMN (0-FFFFFF)
bbbbbbb	Search type	Způsob, jakým byla buňka dané PLMN nalezena.
ccccc	Trigger type	Důvod spuštění hledání daného PLMN.
dddd	PLMN frequency	Frekvenční kód PLMN
eee	PLMN scramble code	Skramblovací kód aktuální buňky dané PLMN

## Pracovní postup

1. Prostudujte teoretický úvod této úlohy.
2. Spusťte a seznamte se s aplikací FTD nainstalovanou v mobilním terminálu.
3. Nastavení uzamčení mobilního terminálu jen pro UMTS síť je možné provést na obrazovce 81.1 (Execute-vložit hodnotu 2)
4. Všechny obrazovky uvedené v teoretickém úvodu si projděte a pokuste se pochopit význam jednotlivých položek.
5. Na obrazovce 01.09 zjistíte požadované Cell ID pod položkou Cell Identifier.
6. Na patřičné obrazovce si prohlédněte další buňky a zhodnoťte, jakých hodnot by musely nabýt, aby došlo k reselekcí buňky.
7. Během navazování, průběhu a ukončení hlasového hovoru sledujte rádiové parametry jako aktivní doménu, SIR, RRC stav, RRC zprávy.
8. Připojte mobilní terminál k PC, pomocí programu Nokia PC Suite navažte datové spojení a otestujte přenosové rychlosti a odezvy do internetu (např. rychlost.cz), popřípadě připojením na zadaný FTP server. Opět sledujte změnu RRC stavu, zjistěte aktivní doménu při tomto spojení a sledujte výměnu RRC zpráv při navazování, průběhu a ukončení datového spojení.
9. Spusťte aplikaci Opnet Modeler.
  - Otevřete projekt UMTS\_prubeh (*File – Open – C:\Uloha\Opnet\UMTS\_Prubeh\UMTS\_Prubeh.prj*).
  - Vytvořte trajektorii s názvem „UE\_trajectory“ a přiřaďte ji mobilní stanici s názvem UE. (*Topology – Define Trajectory - zadat jméno trajektorie – Define Path –* nadefinujte ji tak, aby začínala co nejbližší Node\_B\_0 a procházela velmi blízko druhé Node\_B\_1 – po určení druhého (posledního bodu trajektorie klikněte na tlačítko *Complete*).
  - Přiřaďte trajektorii objektu UE - zobrazte atributy objektu UE (kliknutí na UE pravým tlačítkem myši – *Edit Attributes* a v položce *trajectory* vyberte Vámi definovanou trajektorii – *OK*), tím se nadefinovaná trajektorie zviditelní.
  - Vyberte sledované hodnoty – kliknutím pravým tlačítkem myši do volného prostoru vyberte položku *Choose Individual DES Statistics*, v rozbalovací položce *Global Statistics* vyberte položku *Ftp*, v položce *Node Statistics* vyberte položky *UMTS Handover* a *UMTS RACH*
  - Spusťte simulaci – pomocí tlačítka  na nástrojové liště – dobu trvání *Duration* nastavte na 20m, *Values per statistic* na 100 a *Update interval* na 50000 events, potvrďte tlačítkem *Apply* a spusťte tlačítkem *Run*.
  - Po skončení simulace kliknutím pravým tlačítkem myši do volného prostoru vyberte položku *View Results*, v rozbalovací položce *Global Statistics* vyberte položku *Ftp* a ověřte zda došlo k přenosu dat z FTP serveru. V položce *Object Statistics* vyberte objekt UE a v položce *UMTS Handover* si zobrazte stavy aktivní sady a úroveň pilotního kanálu obou Node B při pohybu mobilní stanice sítí. V položce *UMTS RACH* si v grafu *Acknowledgements Received* zobrazte, kdy byl uskutečněn přenos zprávy RACH.

## Kontrolní otázky

- Jaká je hodnota [MHz] nosné frekvence měřené sítě?
- Jak se v síti UMTS mezi sebou odděluje signál jednotlivých mobilních stanic?
- Jaká doména je použita při hlasovém hovoru a při datovém spojení?
- Jaké RRC zprávy jsou uplatněny při vyvolání a ukončení hlasového hovoru? Dohleďte význam těchto zpráv v dokumentaci k programu FTD uložené na PC.
- Jaký význam má v síti UMTS procedura soft handover a jak ji můžeme monitorovat?
- Čím si vysvětlujete časové prodlevy mezi body aktualizací aktivní sady mobilní stanice viditelné v grafu Active Set Cell Count?
- Při jaké proceduře je vždy prováděn přenos RACH zprávy?

## Shrnutí

V laboratorní úloze student získal základní znalosti o systému UMTS, především o protokolech a parametrech rádiového rozhraní, naučil se používat nástroj pro měření rádiového rozhraní sítě, ověřil teoretické předpoklady chování mobilního terminálu a provedl simulaci sítě UMTS v nástroji Opnet Modeler.

## Literatura

- [1] LAIHO, J., WACKER, A., NOVOSAD, T. *Radio Network Planning and Optimization for UMTS*. England : J. Wiley & Sons, 2002. 662 s. ISBN 0-471-48653-1
- [2] POSSI, P. *UMTS World* [online]. c1999-2003 [cit. 2007-11-25]. Dostupný z WWW: <[www.umtsworld.com](http://www.umtsworld.com)>.
- [3] JOKINEN, Jari. *Field Test Display Specification*. [s.l.] : [s.n.], 2004. 257 s.