

Capitolo 10

Risultati delle simulazioni UMTS

In questo capitolo sono presentate le prove effettuate per delineare il comportamento del sistema UMTS e per verificare i parametri prestazionali che lo caratterizzano. Nelle simulazioni si è voluto testare, in particolare, il livello MAC implementato per verificarne il corretto funzionamento in previsione di ulteriori sviluppi che mirano ad estendere l'architettura protocollare attualmente sviluppata.

10.1 Caratteristiche generali delle simulazioni

Le prove hanno come obiettivo primario l'analisi dei canali di trasporto standardizzati da 3GPP ed implementati all'interno del simulatore, ponendo particolare attenzione a parametri quali:

- **Probabilità di collisione sul RACH:** fornisce una stima della probabilità di collisione per i blocchi dati trasmessi sul canale di trasporto comune in uplink RACH.
- **Probabilità di collisione sul CPCH:** indica la probabilità di collisione sul canale comune in uplink CPCH; a differenza del caso precedente intervengono, in questa statistica, sia le collisioni durante la fase di contesa del canale sia quelle dovute alla mancanza di risorse per la limitazione sul numero massimo di codici allocati all'interno di una cella.
- **Traffico smaltito su un canale di trasporto:** mediante questo parametro si vuole analizzare la risposta dello specifico canale di trasporto al variare del carico offerto da ciascun utente alla rete. La statistica viene effettuata sulla base del tempo in cui la sorgente ON-OFF, utilizzata nella simulazione, è mantenuta attiva. Questo parametro è utile per analizzare sia il *throughput* proprio del canale di trasporto, sia il tempo di reazione del sistema in quanto la statistica tiene in considerazione soltanto gli istanti in

cui la sorgente sta effettivamente trasmettendo. Il traffico smaltito viene calcolato sulla base del numero di blocchi ricevuti a livello MAC a prescindere dalla nozione del pacchetto IP di cui fanno parte tali blocchi.

- **Ritardo di trasferimento di un blocco dati MAC su un canale di trasporto:** questa statistica analizza il ritardo subito da un blocco dati MAC sull'interfaccia U_n definita negli standard 3GPP [10]. Il ritardo è depurato del tempo di connessione alla rete durante la procedura di Connection Request, attivata a livello RRC, ed ha inizio con la primitiva MAC_DATA_req chiamata dal livello RLC. Il ritardo è considerato fino alla ricezione del blocco dati nel pari livello MAC. Dal momento che le sorgenti ON-OFF generano un burst di dati contemporaneamente, vi sarà la presenza di un numero di blocchi aventi lo stesso istante di creazione. Il ritardo di trasferimento comprende il tempo di permanenza dei blocchi all'interno dei buffer presenti a livello MAC.
- **Tempo di trasferimento di un pacchetto IP sull'interfaccia radio:** indica il tempo necessario al trasferimento di un pacchetto di livello IP sull'interfaccia U_n . In questa statistica non viene tenuto in considerazione il ritardo introdotto dalla bufferizzazione di livello MAC ma soltanto il tempo necessario al trasferimento del pacchetto sull'interfaccia radio. L'istante di inizio coincide, dunque, con la trasmissione del primo blocco dati in cui è stato segmentato il pacchetto IP e termina con la ricezione dell'ultimo blocco. La statistica è mantenuta soltanto per i pacchetti che vengono ricevuti in modo completo trascurando quelli per cui si ha la perdita di un blocco.

I servizi dati in modalità di trasmissione a pacchetto, che sono stati considerati nel corso delle simulazioni, si basano sulle linee guida definite in [4] per la valutazione delle prestazioni dell'interfaccia radio di UMTS. I servizi definiti sono di tipo *Unconstrained Delay Data* (UDD) con diverse velocità di trasmissione:

- **64 kbit/s.**
- **144 kbit/s.**

I parametri specifici di ciascun servizio, che sono stati introdotti all'interno del simulatore, sono indicati nella seguente tabella e la descrizione della loro struttura è stata presentata nel cap. 6.

| Parametri di simulazione legati alle sorgenti di traffico | | |
|--|---------------|----------------|
| | UDD64 | UDD144 |
| Bit di inf. per trama | 640 = 320 * 2 | 1440 = 360 * 4 |
| Blocchi per trama | 2 | 4 |
| Dimensione blocco | 320 bit | 360 bit |
| Interleaving | 20 ms | 10 ms |
| Durata TTI | 20 ms | 10 ms |
| Blocchi per TTI | 4 | 4 |
| Spreading Factor | 32 | 16 |
| Bit per slot | 160 | 320 |
| Tempo medio di ON | 1.6 s | 0.7 s |
| Tempo medio di OFF | 3.0 s | 3.0 s |
| Dim. pacchetto IP | 480 byte | 480 byte |
| Tempo inter. pacchetti | 0.0625 s | 0.027 s |
| Numero pacchetti medio per sessione di ON | 25 | 25 |
| Carico medio offerto da un utente alla rete | 22.3 kbit/s | 27.3 kbit/s |
| Carico di picco offerto da un utente alla rete | 64 kbit/s | 144 kbit/s |

Tabella 10.1: Parametri di caratterizzazione dei servizi UDD64 e UDD144 utilizzati nelle simulazioni

Le simulazioni sono condotte in un ambiente in cui sono stati attivati servizi omogenei trasmessi su di un unico canale di trasporto; sono state trascurate le interazioni e la moltiplicazione di servizi attivati su diversi canali di trasporto in parallelo.

L'allocazione delle risorse è stata considerata ipotizzando un numero di codici massimo attivato contemporaneamente per ciascun canale di trasporto. La dimensione del TBS è mantenuta costante all'interno della stessa simulazione anche se assume valori diversi a seconda della tipologia di servizio richiesta dai mobili. I parametri di sistema utilizzati per le simulazioni sono riportati nella seguente tabella:

| Parametri di sistema utilizzati nelle simulazioni | |
|--|-----------|
| Parametri per la trasmissione sul RACH | |
| NUM_ASC | 4 |
| Persistency[i], i = 0..NUM_ASC | 1.0 – 0.7 |
| Mmax | 3 |
| MAX preamble retransmission | 20 |
| NB01min | 2 |
| NB01max | 5 |
| Parametri per la trasmissione sul CPCH | |
| NF_max | 10 |
| NF_bo_all_busy | 5 |
| NF_bo_busy | 10 |
| NF_bo_no_aich | 10 |
| NF_bo_mismatch | 5 |
| N_access_fails | 10 |

Tabella 10.2: Parametri di sistema utilizzati nelle simulazioni

10.2 Comportamento del sistema UMTS

In questo paragrafo vengono presentati alcuni risultati che hanno lo scopo di verificare il corretto comportamento del simulatore UMTS. Le prove non vogliono determinare le prestazioni del sistema UMTS ma analizzano qualitativamente le reazioni dei modelli implementati all'interno del simulatore. Per questo motivo si è volutamente trascurata la descrizione dettagliata dei parametri di sistema lasciando, comunque, trasparire le linee guida che sono state utilizzate all'interno delle prove; i risultati ottenuti, pertanto, non forniscono una valutazione del sistema in termini assoluti.

10.2.1 RACH

Il RACH, come già visto al capitolo 5, è il canale a contesa utilizzato nelle trasmissioni in uplink dei mobili. Tale canale utilizza la metodologia di accesso slotted-aloha ed è caratterizzato dalla possibilità di collisione in uplink; per delineare il funzionamento del sistema si è effettuata una prova comparativa al variare del numero di utenti che tentano di accedere al canale. Il singolo utente offre alla rete la stessa quantità di dati per unità di tempo all'interno di entrambe le simulazioni; il numero di utenti viene aumentato per mostrare qualitativamente l'effetto delle collisioni sulla trasmissione mentre il numero di

signature, attivate all'interno della cella di simulazione, viene mantenuto costante.

I risultati forniti da tale prova sono presentati in fig. 10.1.

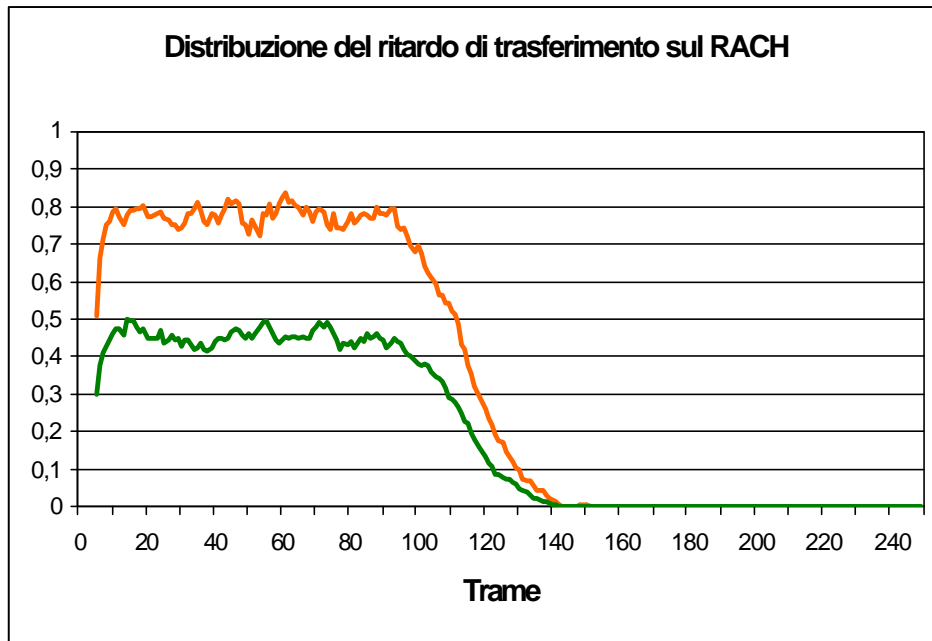


Figura 10.1: Distribuzione del ritardo di trasferimento sul RACH al variare del numero di utenti che tentano l'accesso

Le curve sono normalizzate ad uno stesso valore per permettere il confronto relativo delle simulazioni. In ascissa è indicato il tempo di trasferimento di un blocco radio dal livello MAC in trasmissione al suo pari livello in ricezione. In ordinata è rappresentato il numero, normalizzato, di blocchi radio trasferiti con un ritardo pari a quello indicato dal punto corrispondente sull'asse delle ascisse. Dal grafico risulta evidente il peggioramento delle prestazioni che si ottiene sul RACH al variare del numero di utenti; il numero di blocchi correttamente trasferiti, infatti, subisce una netta diminuzione per effetto delle collisioni che avvengono durante il tentativo di trasmissione. Dal momento che il numero di *signature* è mantenuto costante, questa diminuzione è dovuta soltanto alla presenza delle collisioni e non ad una variazione della capacità del canale di trasporto. Il tempo di trasferimento, invece, non subisce variazioni di rilievo all'aumentare del numero di utenti che tentano l'accesso al canale. I vari utenti non risentono della presenza reciproca all'interno delle procedure relative al protocollo di trasmissione sul RACH; la gestione degli algoritmi di trasmissione è assolutamente indipendente dal traffico puntuale della rete e

questo si traduce in un'invarianza del ritardo di trasferimento. Quando un utente ha un blocco radio da trasmettere, inizia la procedura di accesso al canale senza risentire della presenza degli altri utenti. La conseguenza di questa politica porta, comunque, ad un aumento della probabilità di collisione che provoca una diminuzione del throughput ottenibile, per ciascun utente, sul canale di trasporto. La probabilità di collisione avrà, inoltre, conseguenze sui livelli superiori della pila protocollare che sono responsabili delle ritrasmissioni in quanto i blocchi persi possono appartenere anche a pacchetti IP differenti.

10.2.2 CPCH

Il CPCH è il canale di trasporto che viene utilizzato per le trasmissioni dati in uplink che richiedono una capacità di canale superiore a quella ottenibile sul RACH; tale canale è caratterizzato dalla possibilità di collisione in accesso dal momento che è basato sulla metodologia slotted-aloah con indicazione rapida dell'acquisizione e della collisione. A differenza del RACH, però, è prevista una fase di contesa del canale radio che porta ad evitare le collisioni in trasmissione una volta ottenuta una particolare *signature*. Nel momento in cui la rete ha concesso al mobile l'utilizzo di un particolare codice, il rischio di collisione è minimizzato e tale evento non è stato preso in considerazione nelle simulazioni. Il numero di codici è comunque finito ed è considerata la probabilità di blocco nel caso in cui le risorse risultino tutte assegnate. Un utente, abilitato a trasmettere con un particolare codice, mantiene il possesso della *signature* corrispondente fino al completamento della trasmissione dei blocchi dati o fino a quando non supera il limite massimo (NF_{max}) di trame trasmesse consecutivamente. I risultati ottenuti nelle prove sul CPCH sono presentati nelle figure 10.2 e 10.3. Le curve sono ottenute a parità di numero di utenti che tentano di accedere al CPCH per la trasmissione di un blocco dati ed è mantenuto costante il numero di frame per cui un utente può trasmettere consecutivamente. I grafici sono parametrizzati sulla base del carico offerto da ciascun utente alla rete. Come si può vedere le curve hanno un comportamento estremamente simile per quanto riguarda la prima parte della trasmissione; il massimo situato nell'intorno di 10 trame è dovuto alla trasmissione della prima serie di blocchi una volta ottenuto il canale. Le curve tendono poi a decrescere con una pendenza diversa che sta ad indicare il diverso numero di pacchetti che un utente pone in coda in attesa della trasmissione. La curva in fig. 10.3 vuole, invece, analizzare il comportamento tenuto da un UE per un valore di NF_{max}

tale da costringere il rilascio della *signature* prima del termine della trasmissione del pacchetto IP corrente.

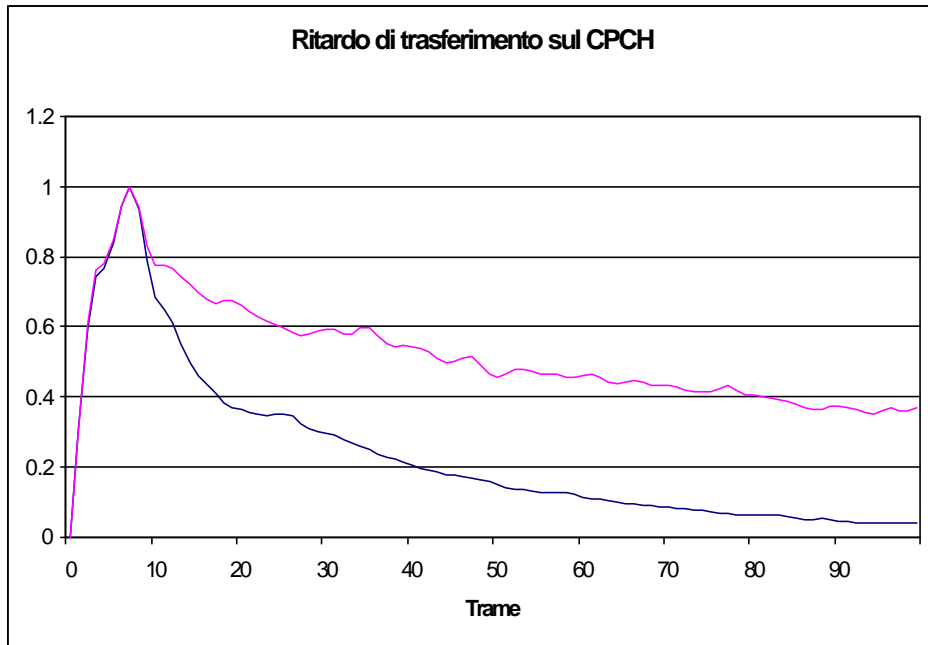


Figura 102: Ritardo di trasferimento di un blocco dati a livello MAC sul CPCH

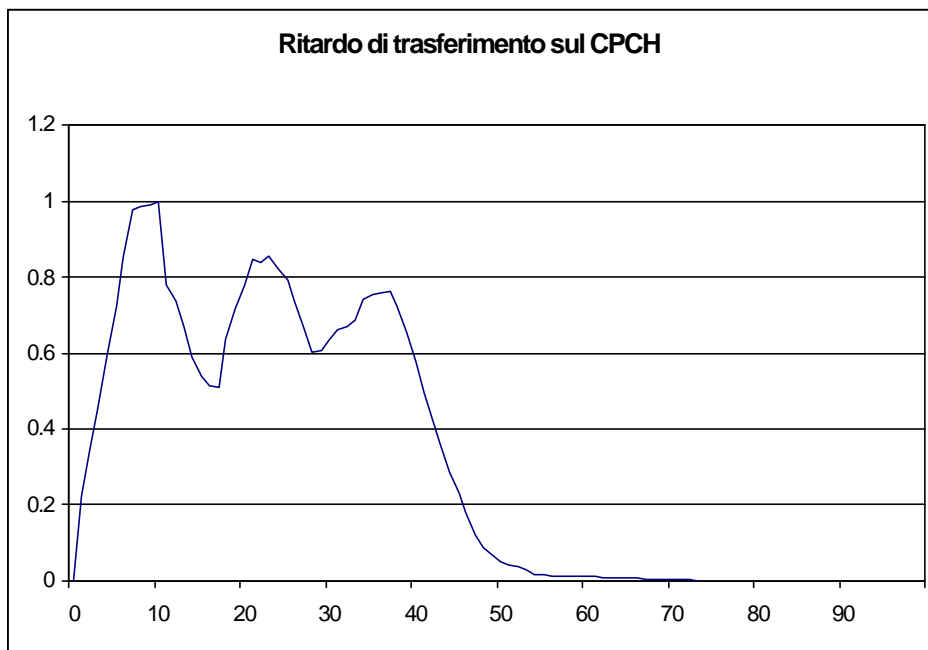


Figura 103: Ritardo di trasferimento di un blocco MAC sul CPCH con rilascio della signature durante la trasmissione

Per tale prova si è utilizzata una sorgente che genera pacchetti di dimensione tale da essere segmentati in circa 30 blocchi di livello MAC. Il numero *NF_max* di trame consecutive per cui è permesso mantenere l'utilizzo della *signature* è stato posto uguale a 10. La figura pone in evidenza il meccanismo delle ritrasmissioni in seguito al rilascio del codice. Ognuno dei tre massimi presenti in figura è in corrispondenza dell'allocazione esclusiva di un codice. Fra due allocazioni di risorse consecutive il mobile dovrà tentare un nuovo accesso alla rete con il rischio di trovare, in seguito, tutti i canali occupati. Il protocollo di accesso porta a distribuire nel tempo le successive richieste provocando la diminuzione, in termini assoluti, del numero di blocchi trasferiti a parità di ritardo subito. Questa apparente diminuzione, però, è giustificata dall'aumento di larghezza dei supporti dei tre massimi in termini di ritardo.

10.2.3 DCH

Il canale DCH è il canale utilizzato per la trasmissione a circuito dell'architettura UMTS ed è caratterizzato dall'allocazione esclusiva di un codice ad un utente per la durata della connessione instaurata per il trasferimento dati. Vista la semplicità del canale di trasporto si è deciso di non riportare le prove di confidenza relative e si rimanda al paragrafo 10.5 per la descrizione delle prove effettuate per il calcolo delle prestazioni.

10.2.4 DSCH

Il DSCH è il canale a commutazione di pacchetto utilizzato per le trasmissioni dati in downlink. Gli utenti sfruttano in modalità condivisa i codici che sono stati assegnati dal gestore della rete a questo particolare canale. Le peculiarità del DSCH possono, dunque, essere notate variando il numero di utenti che vengono multiplati nel corso delle loro sessioni a pacchetto. Le simulazioni sono state condotte mantenendo immutato il carico offerto dagli utenti alla rete e variando il numero di utenti. Il numero di codici assegnato in modo statico al DSCH è, inoltre, mantenuto costante. La schedulazione è di tipo *Round Robin* sulla base del tempo trascorso dall'ultima trasmissione dell'UE. I risultati sono presentati in figura 10.4; in ascissa è indicato il tempo di trasferimento del blocco dati di livello MAC, mentre in ordinata è stato riportato il numero di blocchi, normalizzato, trasferito con il ritardo indicato dal punto corrispondente sull'asse delle ascisse.

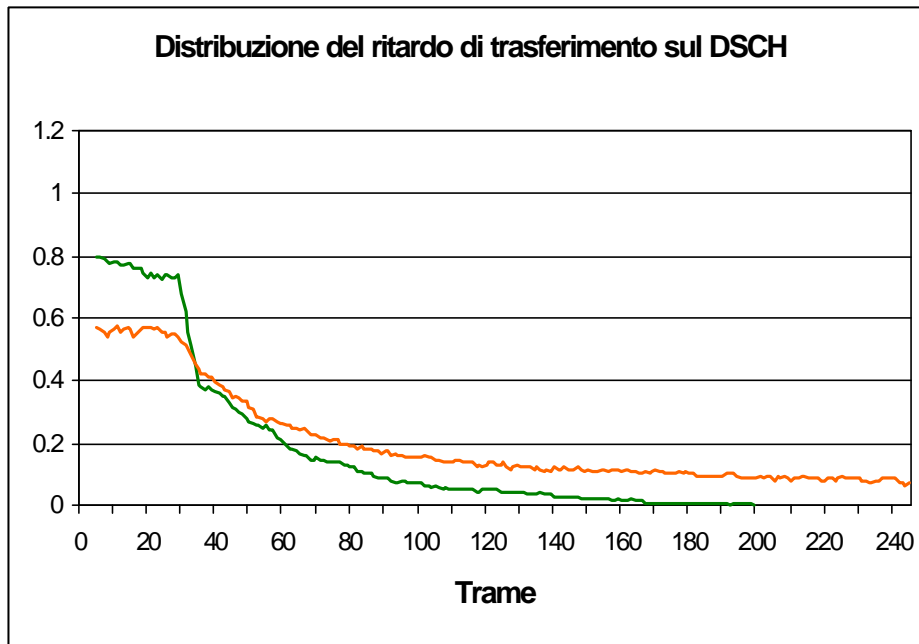


Figura 10.4: Ritardo di trasferimento sul DSCH al variare del numero di utenti multiplexati sui codici attivati

All'aumentare del numero di utenti, come si può notare, si ha un cambiamento nella distribuzione; il supporto della curva, in particolare, tende ad allungarsi mentre tende a diminuire il numero di blocchi trasferiti in un numero di trame inferiore a 40. Questo fatto è dovuto alla multiplexazione degli utenti sui PDSCH ed alla schedulazione *Round Robin* a cui sono sottoposti; un UE, infatti, è schedulato molto più di rado all'aumentare del numero di utenti presenti nel sistema. Il massimo della curva tende, dunque, ad abbassarsi mentre il contributo dei pacchetti lungo le code inizia a diventare consistente, indicando l'aumento del ritardo medio di trasferimento.

10.3 Prestazioni sul RACH

In questo paragrafo vengono analizzati i risultati ottenuti nel caso di trasmissione dati sul RACH. Le prove sono state effettuate variando il numero di utenti che richiedono accesso al canale. I grafici sono parametrizzati sulla base del tipo di servizio richiesto dall'utente e del numero di codici attivati per il RACH. La tipologia di grafico è stata illustrata nel paragrafo 10.1 ed i parametri utilizzati per le simulazioni sono indicati nelle tabelle 10.1 e 10.2.

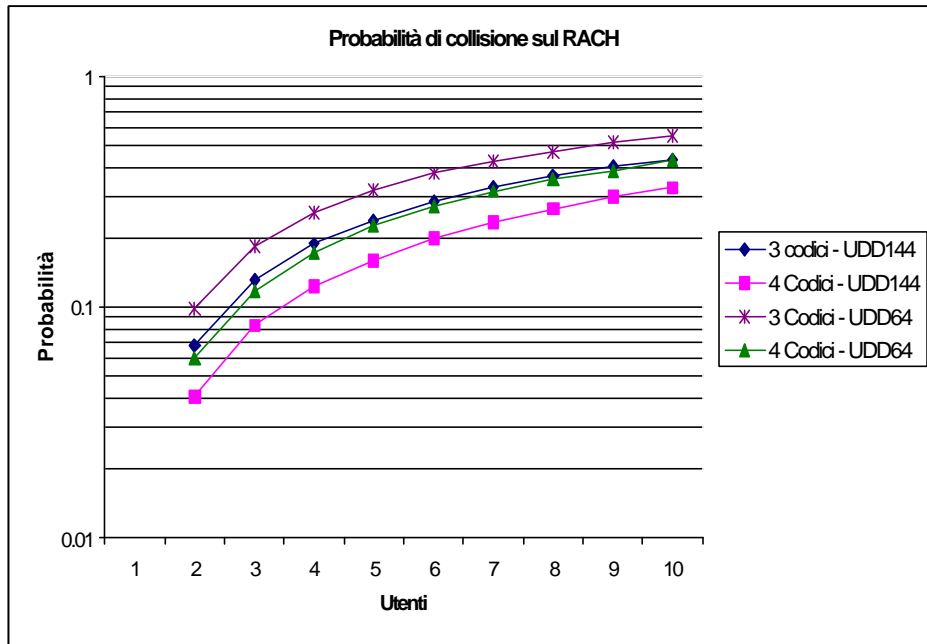


Figura 10.5: Probabilità di collisione sul RACH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzata sulla base del tipo di servizio e del numero di codici attivato

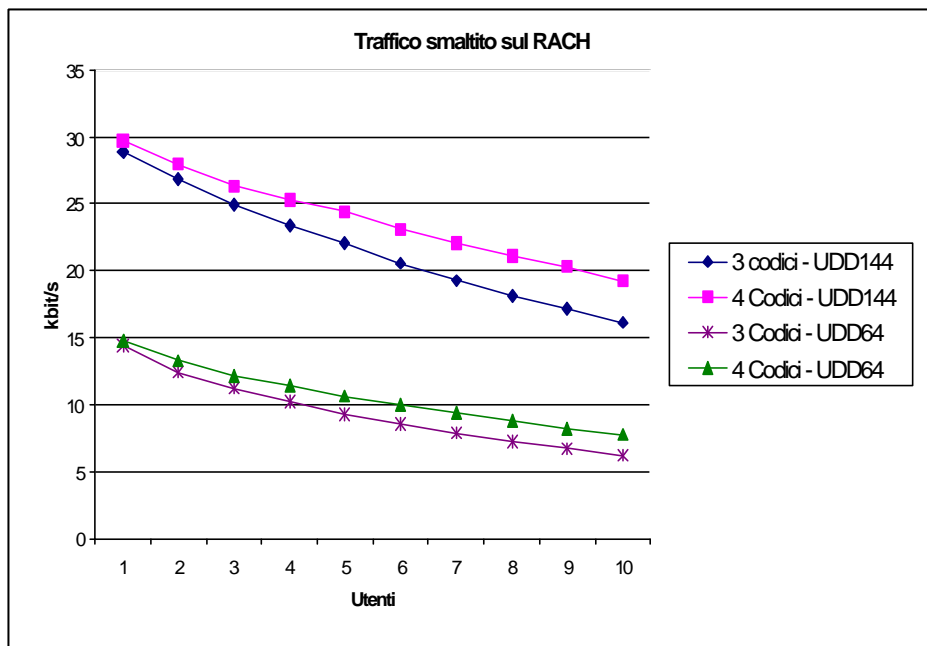


Figura 10.6: Traffico smaltito sul RACH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio e del numero di codici attivato

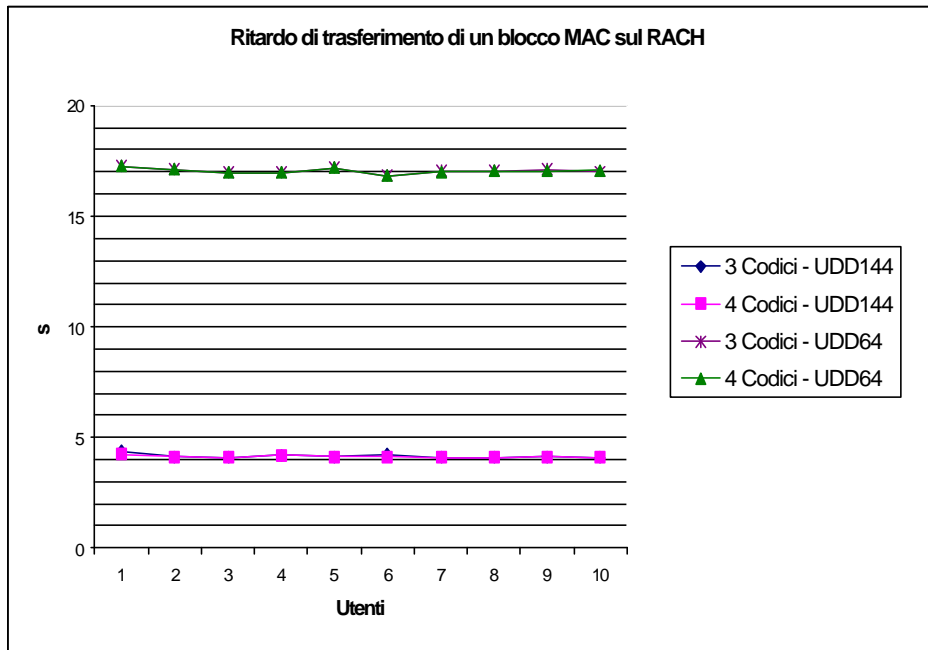


Figura 10.7: Ritardo di trasferimento di un blocco MAC sul RACH al variare del numero di utenti el sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio e del numero di codici attivato

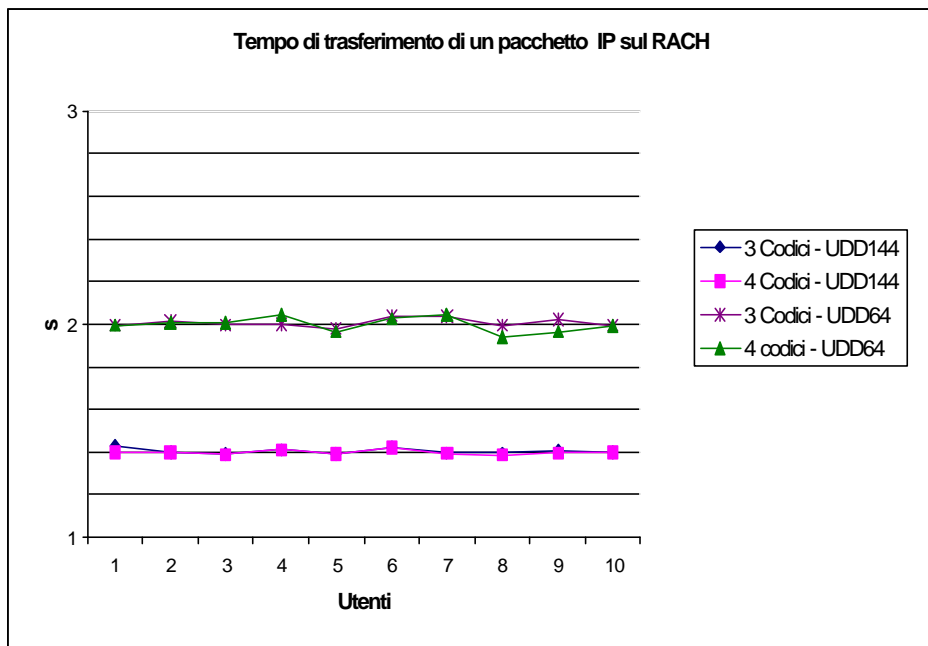


Figura 10.8: Ritardo di trasferimento di un pacchetto IP sull'interfaccia radio al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio e del numero di codici attivato

Come si può vedere in figura 10.6 il traffico smaltito da ciascun utente, nella propria sessione di ON, diminuisce all'aumentare del numero di UE che tentano l'accesso al RACH. Prendendo come riferimento il caso UDD144 si può notare come il massimo traffico smaltito, nel caso di un unico utente presente nel sistema, sia approssimativamente pari a 28 kbit/s sia nel caso vengano attivate 2 che 3 *signature*. Il throughput ottenuto a numero di codici fissato e variando il numero di utenti decresce come indicato in fig. 10.6. La diminuzione del throughput è una diretta conseguenza dell'aumento della probabilità di collisione come indicato in fig. 10.5. La differenza tra traffico smaltito e traffico offerto provoca un aumento del tempo di permanenza dei blocchi all'interno dei buffer. I ritardi di trasmissione si assestano su valori dell'ordine dei 4 s; tale valore è un'indicazione di come il RACH non riesca a garantire un'adeguata qualità del servizio in presenza di traffico ad alto *bit rate*. Il ritardo di trasferimento di un pacchetto IP, depurato del tempo di bufferizzazione all'interno del MAC, è indicato in fig. 10.8 e si assesta su di un valore pari a 1.4 s rimarcando il fatto che i pacchetti sono trasmessi in modo molto più lasco rispetto alle sorgenti utilizzate per la caratterizzazione del traffico UDD144.

L'aumento del numero di codici allocati al RACH provoca un incremento del traffico medio smaltito dalla rete per ciascun utente; questo fatto è dovuto alla diminuzione della probabilità di collisione nelle trasmissioni degli utenti. Il ritardo medio di trasferimento di un blocco ed il rispettivo ritardo nella trasmissione di un pacchetto IP sul canale radio, non subiscono significativi cambiamenti in quanto non dipendono dal numero di codici attivato. Un UE, infatti, può trasmettere su di un unico codice per trama e le tempistiche di trasmissione non dipendono dal numero di utenti presenti nel sistema. I blocchi trasmessi, dunque, potranno collidere con maggiore probabilità ma, per quelli correttamente trasferiti, il ritardo medio si mantiene comunque costante.

Per il caso UDD64 valgono le stesse considerazioni fatte per l'UDD144. È, invece, importante studiare il comportamento del sistema a parità di numero di codici attivato e variando il traffico offerto dagli utenti alla rete.

Supponendo di analizzare il caso in cui vengano attivati 4 codici per la trasmissione sul RACH, si vede come il traffico smaltito diminuisca dal valore di 28 kbit/s a circa 14 kbit/s. La consistente diminuzione del traffico smaltito è dipendente dalla variazione del numero di blocchi trasmessi per trama radio che, nel passaggio da UDD144 a UDD64, è previsto che venga dimezzato. La sorgente, inoltre, dimezza il traffico offerto alla rete con la conseguenza che il

numero di blocchi presenti all'interno dei buffer di trasmissione si mantiene costante nelle due simulazioni. Dal momento che, però, l'accodamento ha un impatto notevole sulla trasmissione si assiste al fenomeno dell'aumento del ritardo medio di trasferimento di un blocco MAC nel passaggio da UDD144 a UDD64; questo aumento è dovuto al ritardo di trasmissione dei blocchi bufferizzati all'interno del MAC che vengono smaltiti con un rate pari alla metà di quello disponibile nel caso di traffico UDD144 (2 blocchi per trama invece che 4). La variazione del ritardo di trasferimento del pacchetto IP sull'interfaccia, inoltre, varia poichè nel caso di UDD64 il numero di bit per blocco MAC passa da 360 a 320. Questa differenza provoca un aumento dei blocchi MAC creati a partire dallo stesso pacchetto IP e fa aumentare il ritardo di trasferimento complessivo.

10.4 Prestazioni sul CPCH

In questo paragrafo vengono analizzati i risultati ottenuti nelle simulazioni del canale CPCH. Le prove sono state effettuate, in analogia al caso di trasmissione sul RACH, variando il numero di utenti che richiedono accesso al canale. I grafici sono parametrizzati sulla base del tipo di servizio richiesto dall'utente alla rete (ovvero al variare della tipologia di traffico offerto) e del numero di codici attivati per il CPCH.

La tipologia di grafico è stata spiegata al paragrafo 10.1 ed i parametri utilizzati per le simulazioni sono indicati nelle tabelle 10.1 e 10.2.

Le curve in figura 10.10 rappresentano il traffico smaltito dalla rete al variare del numero di utenti attivi nel sistema. Se si analizza, ad esempio, la curva ottenuta nel caso di servizio UDD144 si possono notare le caratteristiche peculiari del CPCH. La rete mantiene un throughput nella sessione di ON di valore elevato pari a circa 80 kbit/s; il throughput si mantiene pressochè costante fino ad un numero di utenti pari, approssimativamente, al doppio dei codici allocati. Questo comportamento è dovuto al fatto che il CPCH, nel caso di pochi UE attivi, ha prestazioni simili a quelle che si ottengono sul DCH. Analizzando la figura 10.9 si nota, infatti, che la probabilità di collisione assume valori bassi, per un numero di utenti non elevato, stando ad indicare che i mobili che tentano l'accesso per l'assegnazione del codice in uplink, in generale, trovano delle risorse libere da sfruttare per la loro trasmissione. Se il mobile non collide nella richiesta di un canale allora ha la possibilità di sfruttare la *signature* scelta per un numero di trame pari, al massimo, al parametro di sistema NF_{max} . In questa fase, dunque, emerge chiaramente la

similitudine di comportamento fra CPCH e DCH. Un'ulteriore prova è data dal ritardo di trasferimento di un blocco a livello MAC che si mantiene costante fino allo stesso numero di utenti fatto notare in precedenza; questo indica che gli UE vedono il CPCH come un canale dedicato nel momento in cui tentano l'accesso. Le problematiche dovute alla contesa del canale diventano, invece, evidenti aumentando il numero di utenti all'interno della cella di simulazione. Questo fatto provoca un aumento della probabilità di collisione sul canale, come risulta evidente in figura 10.9. Il traffico smaltito dalla rete, incrementando il numero di utenti, decresce rapidamente dimostrando che, in queste condizioni di carico, il CPCH assume la connotazione di un canale a contesa. Tale comportamento risulta, inoltre, particolarmente evidente dall'analisi del ritardo medio di trasferimento di un blocco MAC, indicato in figura 10.11, dove si nota la crescita esponenziale tipica dei canali a contesa. Aumentando il numero di codici assegnati (da 3 a 4) si verifica un miglioramento delle prestazioni del sistema anche se le curve mantengono la forma appena descritta. Nel caso di un numero non elevato di utenti non vi è una grande differenza di prestazioni nè in ambito di ritardo nè di traffico smaltito, lasciando trasparire l'inutilità dell'aumento del numero di codici allocato. In presenza di un numero elevato di mobili, invece, risulta evidente la differenza di prestazioni. In particolare si nota che (figura 10.9), aumentando il numero di codici a disposizione, il CPCH mantiene caratteristiche simili a quelle di un canale a circuito per un numero molto maggiore di UE. Il ritardo di trasferimento indicato in figura 10.11 risulta nettamente inferiore e la saturazione del canale è raggiunta per un numero molto più elevato di utenti. Nel caso in cui gli utenti richiedano servizi di tipo UDD64, si nota una similitudine di comportamento rispetto al caso precedente; il traffico smaltito dalla rete si mantiene pressochè costante, rispetto al traffico offerto, se paragonato allo stesso rapporto nel caso di UDD144. L'aumento dei ritardi, indicato in figura 10.11, è da imputarsi alla variazione del numero di blocchi trasmesso per TTI che, come per il RACH, passa da 4 a 2 provocando gli stessi fenomeni indicati al paragrafo 10.3.

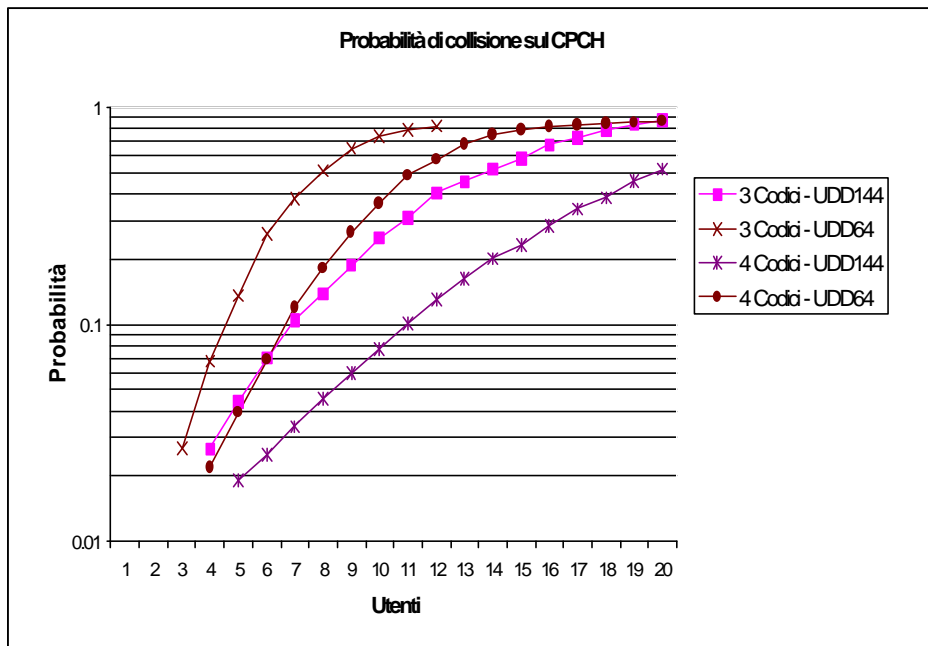


Figura 10.9: Probabilità di collisione sul CPCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzata sulla base del tipo di servizio e del numero di codici attivato

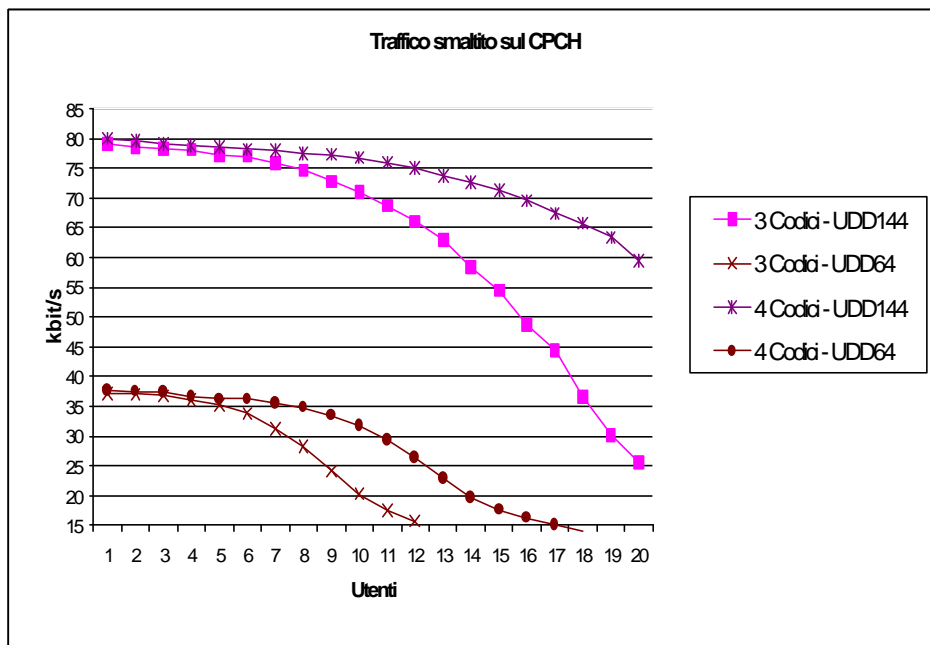


Figura 10.10: Traffico smaltito sul CPCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio e del numero di codici attivato

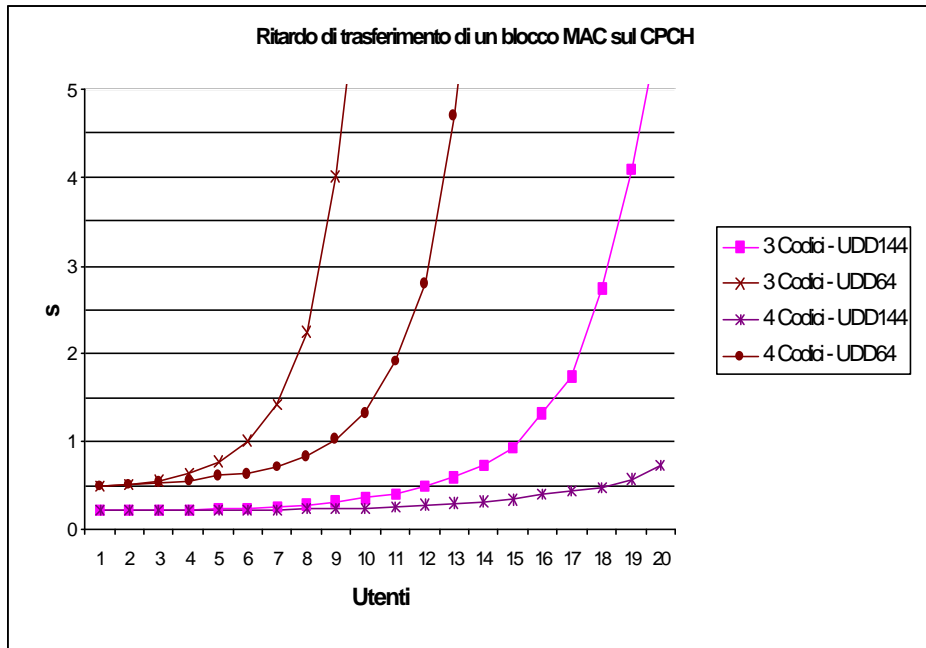


Figure 10.11: Ritardo di trasferimento di un blocco MAC sul CPCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio e del numero di codici attivato

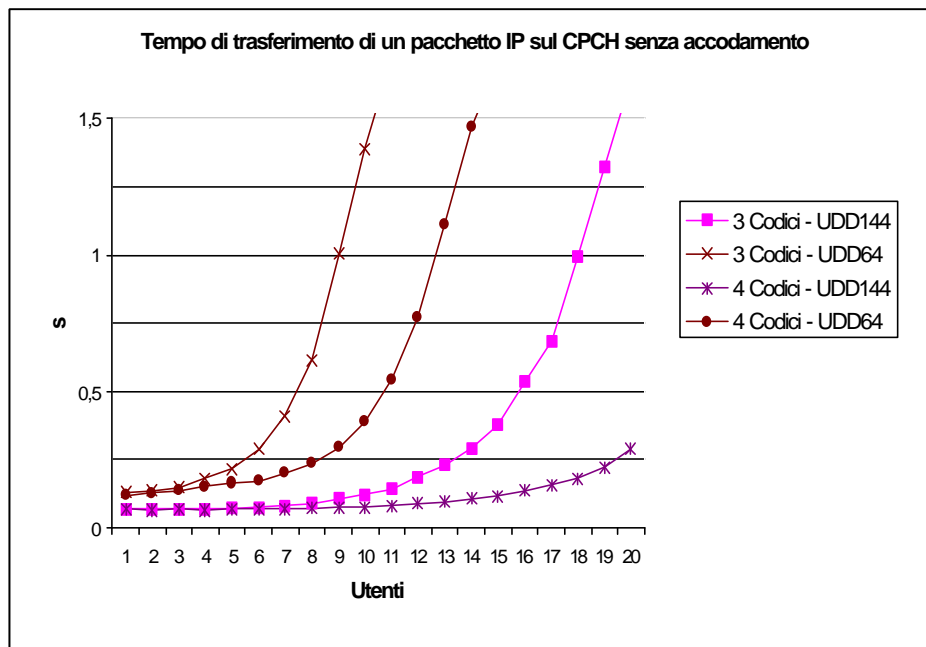


Figura 10.12: Ritardo di trasferimento di un pacchetto IP sull'interfaccia radio al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio e del numero di codici attivato

10.5 Prestazioni sul DCH

In questo paragrafo vengono analizzate le prestazioni ottenute per la trasmissione dati sul canale a circuito DCH. Dal momento che il DCH ha lo stesso comportamento in uplink ed in downlink, si è riportato soltanto il caso di trasmissione sul canale in downlink. Le prove sono state effettuate al variare del numero di utenti presenti all'interno del sistema e le curve sono state parametrizzate sulla base del tipo di servizio attivato da ciascun utente. Dal momento che, all'interno del simulatore, non è stato definito un albero per l'allocazione dei codici, si ipotizza una quantità di risorse maggiore del numero di utenti presenti all'interno dell'area di simulazione. I risultati ottenuti sono indicati nelle seguenti figure. Come si vede in figura 10.13, il traffico smaltito segue il traffico offerto alla rete; la differenza fra i due è imputabile al modello di RLC presente all'interno del simulatore. Nella versione corrente, infatti, l'RLC segmenta il pacchetto IP in blocchi di dimensione pari a quella definita in fase di instaurazione del collegamento senza, però, effettuare la concatenazione dei dati che non occupano un intero blocco dati. Il throughput, inoltre, è calcolato sul tempo di ON della sorgente in modo tale da fornire una valutazione del tempo di reazione del sistema al variare del traffico offerto. La discordanza di valori è pertanto da imputare alle cause appena elencate.

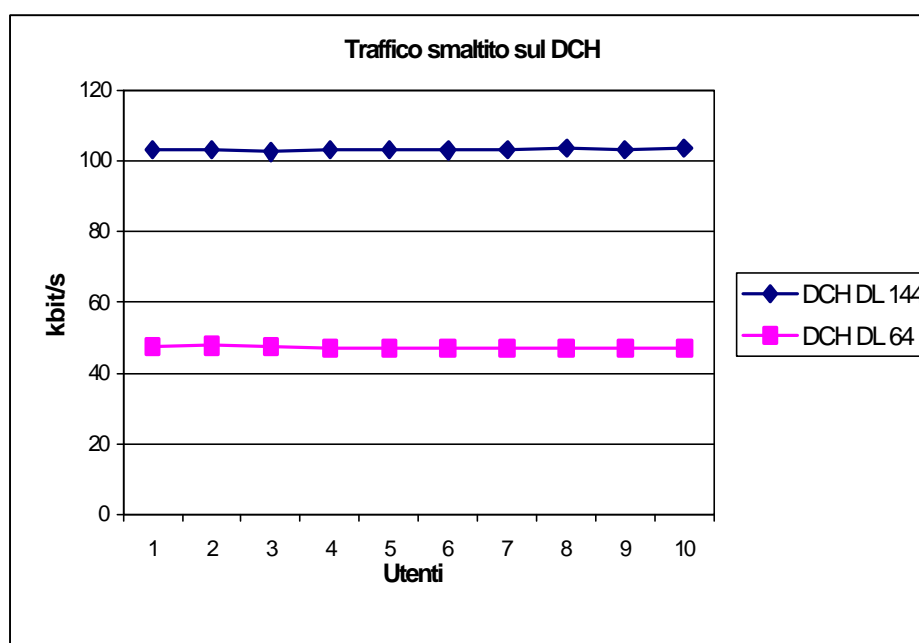


Figura 10.13: Traffico smaltito sul DCH al variare del numero di utenti attivi nel sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio

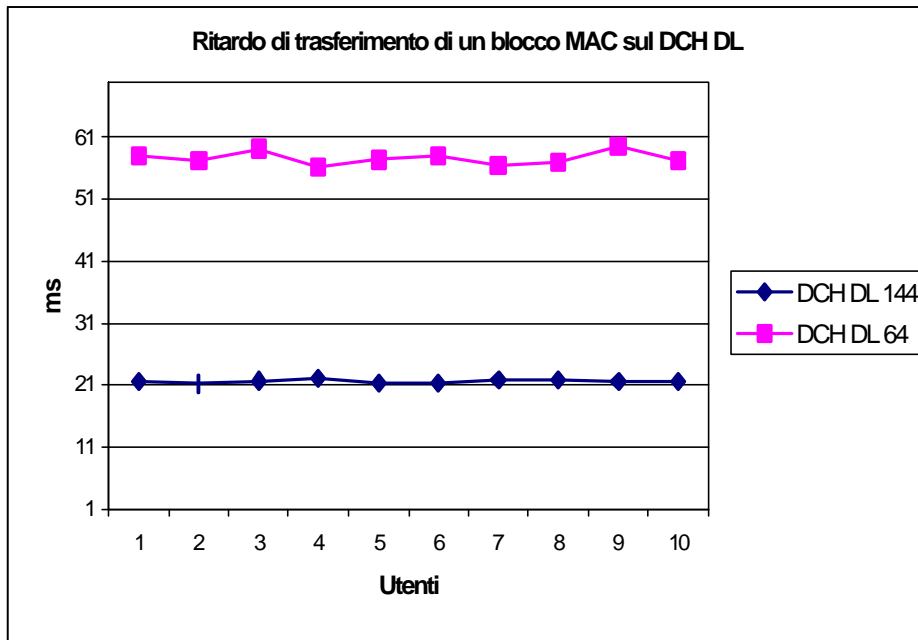


Figura 10.14: Ritardo di trasferimento di un blocco MAC sul DCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio

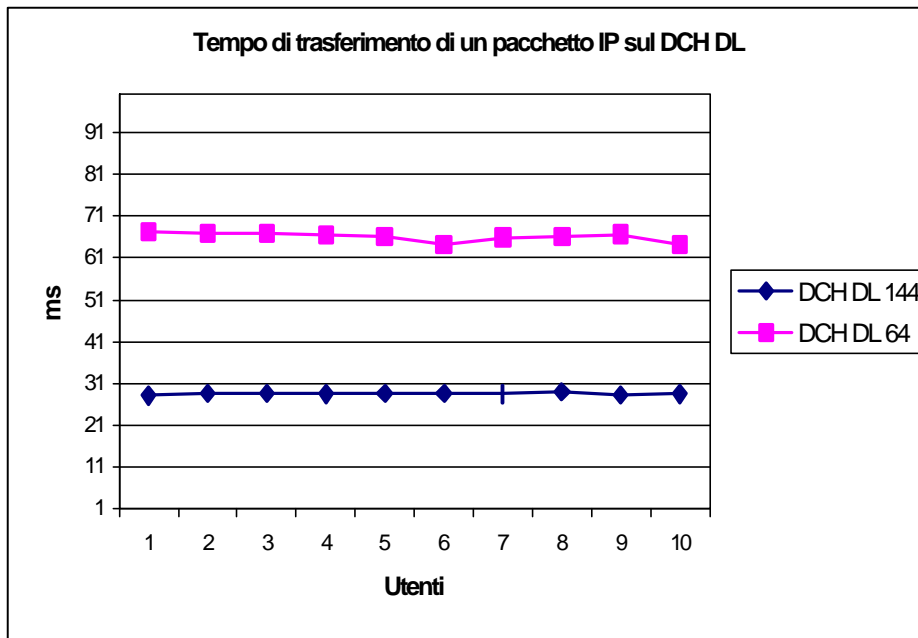


Figura 10.15: Ritardo di trasferimento di un pacchetto IP sull'interfaccia radio al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sulla base del tipo di servizio

In figura 10.14 è indicato il tempo di trasferimento di un blocco MAC; per il servizio UDD 144 i pacchetti IP hanno una dimensione costante pari a 480 byte; la dimensione del blocco MAC è di 360 bit e dunque vengono creati 10 blocchi per pacchetto. Il *Transport Format* utilizzato permette di trasferire 4 blocchi per TTI che in questo caso assume un valore pari a 10 ms (corrispondente ad una trama). In queste condizioni il ritardo di trasferimento sul DCH sarebbe pari a circa 18 ms ($0.4*10 + 0.4*20 + 0.2*30$). L'ulteriore ritardo di 3 ms è dovuto alla bufferizzazione subita dai blocchi MAC in trasmissione. La sorgente, infatti, genera pacchetti IP distanziati di un valore pari a 27 ms ed il generico pacchetto non riesce ad essere trasferito completamente nelle tre trame in cui viene suddiviso. La dimostrazione di questa affermazione è, inoltre, evidente in figura 10.15 dove risulta un tempo di trasferimento del pacchetto IP sull'interfaccia radio pari a 30 ms, corrispondente a 3 trame.

Nel caso UDD64, la situazione si presenta analoga a quella già riscontrata per la trasmissione sul RACH e sul CPCH. Il pacchetto IP viene segmentato in blocchi di dimensione pari a 320 bit che portano alla creazione di 12 blocchi per pacchetto. Il *Transport Format*, inoltre, passa dai 4 blocchi per trama definiti per il servizio UDD144 a 2 blocchi per trama; in questa situazione un blocco MAC dovrebbe essere trasferito in circa 35 ms. In realtà il tempo di trasferimento di un pacchetto IP sull'interfaccia radio risulta pari a circa 57 ms causando un breve accodamento nel buffer di trasmissione ed il relativo aumento del ritardo medio di trasferimento.

10.6 Prestazioni sul DSCH

In questo paragrafo vengono presentate le prove realizzate per l'analisi del canale DSCH, che si pensa verrà utilizzato per le trasmissioni WWW in *downlink*. I grafici sono stati ricavati variando il numero di utenti che richiedono il trasferimento dati; le curve sono parametrizzate sulla base della tipologia di servizio richiesta e del numero di codici attivato all'interno della cella di simulazione. Per la schedulazione degli utenti si è supposto di utilizzare un algoritmo di tipo *Round Robin* basato sul tempo trascorso dall'ultimo trasferimento dati diretto verso un particolare mobile. Un utente, in base alle disposizioni definite negli standard 3GPP, può utilizzare un solo codice all'interno dello stesso TTI. Il numero di utenti che vengono allocati nello stesso TTI dipende dal numero di codici attivato.

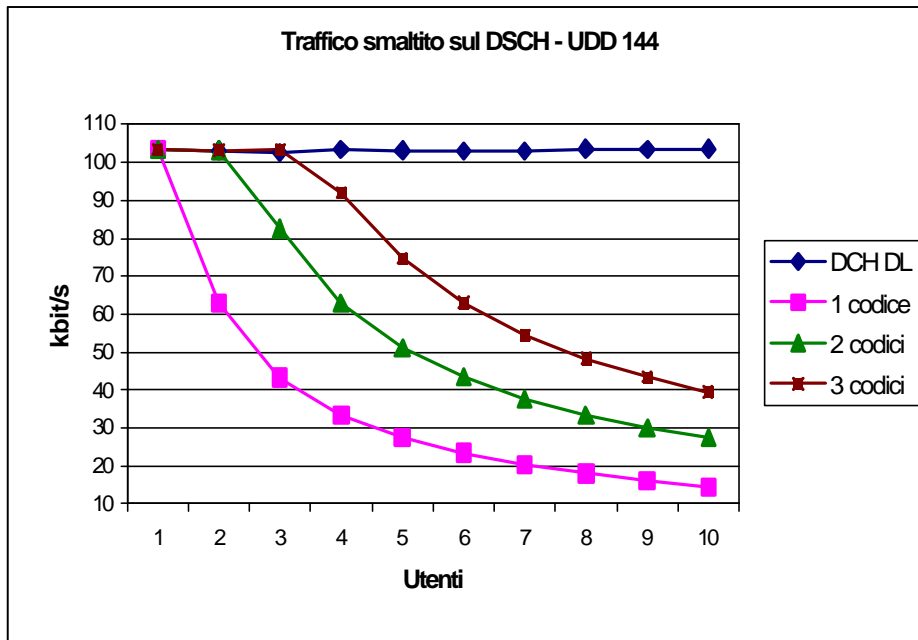


Figura 10.16: Traffico smaltito sul DSCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sul numero di codici attivato; caso UDD 144

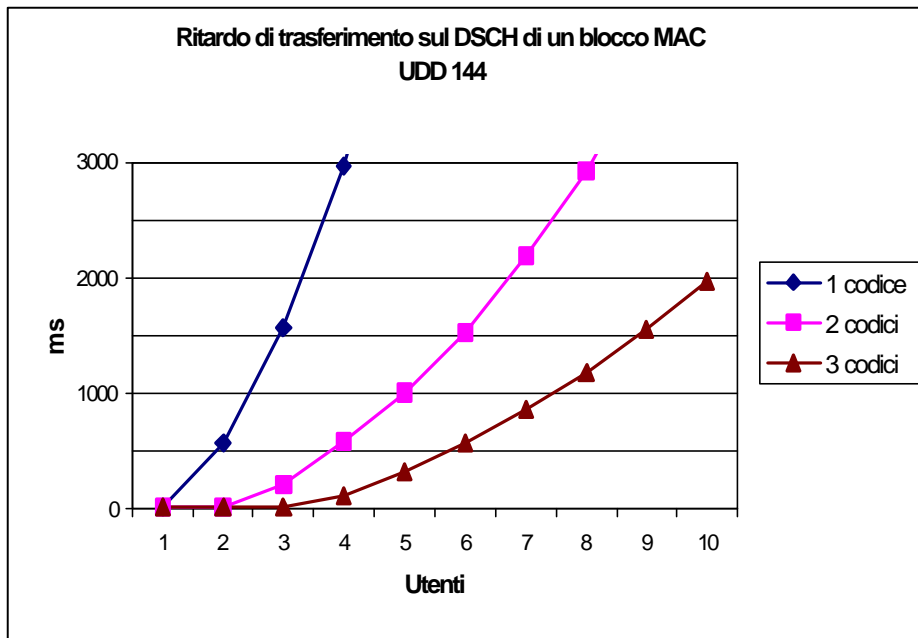


Figura 10.17: Ritardo di trasferimento di un blocco MAC sul DSCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sul numero di codici attivato; caso UDD 144

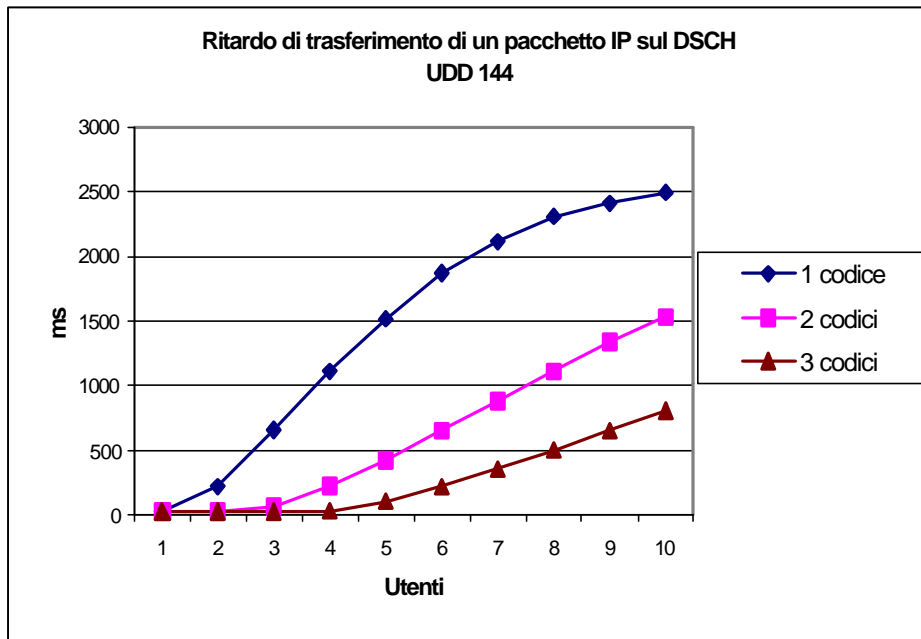


Figura 10.18: Ritardo di trasferimento di un pacchetto IP sull'interfaccia radio al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sul numero di codici attivato; caso UDD144

In figura 10.16 è presentato il traffico smaltito dalla rete per ciascun utente ed è riportata, a termine di paragone, la curva ottenuta per la trasmissione sul DCH nel caso di traffico UDD144. Come si può vedere dal grafico il comportamento del DSCH è analogo a quello del DCH fino a quando il numero di utenti presenti nel sistema è inferiore al numero di codici attivato. In questo caso, infatti, non è necessaria la moltiplicazione degli UE sul canale in quanto il numero di codici a disposizione è sufficiente a garantire risorse agli utenti ogni qual volta hanno dei blocchi da trasmettere. Se il numero di utenti supera il numero di codici disponibili iniziano a presentarsi le problematiche di condivisione delle risorse. Le curve di traffico smaltito tendono alla tipica forma iperbolica dovuta alla schedulazione *Round Robin* quando il numero di utenti all'interno del sistema assume un valore tale da non permettere ai buffer di trasmissione di svuotarsi; in queste condizioni si può verificare che le differenze di traffico smaltito al variare del numero di codici tendono a mantenere un valore costante. Quando il numero di utenti, invece, è sufficientemente basso il traffico offerto alla rete non è costante e questo andamento non può essere verificato.

In figura 10.17 è presentato l'andamento del ritardo di trasferimento di un

blocco MAC; come si può vedere il ritardo si mantiene limitato fino a quando il numero di utenti rimane inferiore al numero di codici attivati. Nel momento in cui questa condizione non è più verificata, inizia la moltiplicazione sulle risorse comuni con l'inevitabile aumento dei ritardi.

Il ritardo di trasferimento è una diretta conseguenza della bufferizzazione a cui sono sottoposti i blocchi dati prima dell'effettiva trasmissione sul canale radio; in figura 10.18, infatti, è presentato il ritardo di un pacchetto IP depurato del tempo di bufferizzazione fino all'inizio della trasmissione sul canale radio. Le sorgenti utilizzate generano un pacchetto IP ogni 27 ms ed i ritardi introdotti dal canale non consentono, quindi, di utilizzare il DSCH per la trasmissione di dati che richiedono caratteristiche di servizio *real-time*. L'unico canale che consente un ritardo di trasferimento adeguato è dunque, il DCH, a meno che non si decida di aumentare il numero di codici DSCH in modo proporzionale agli utenti che necessitano di tali servizi.

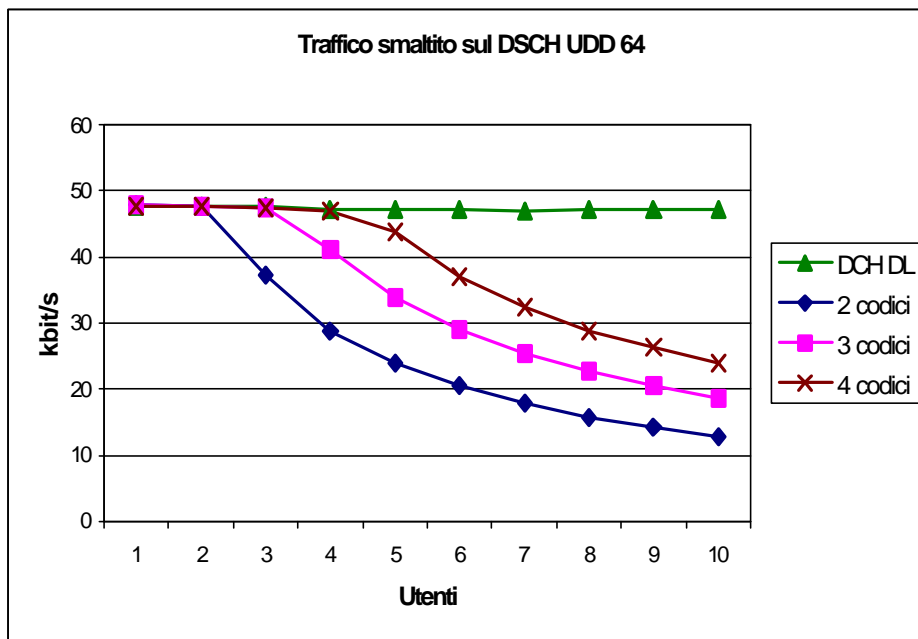


Figura 10.19: Traffico smaltito sul DSCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sul numero di codici attivato; caso UDD 64

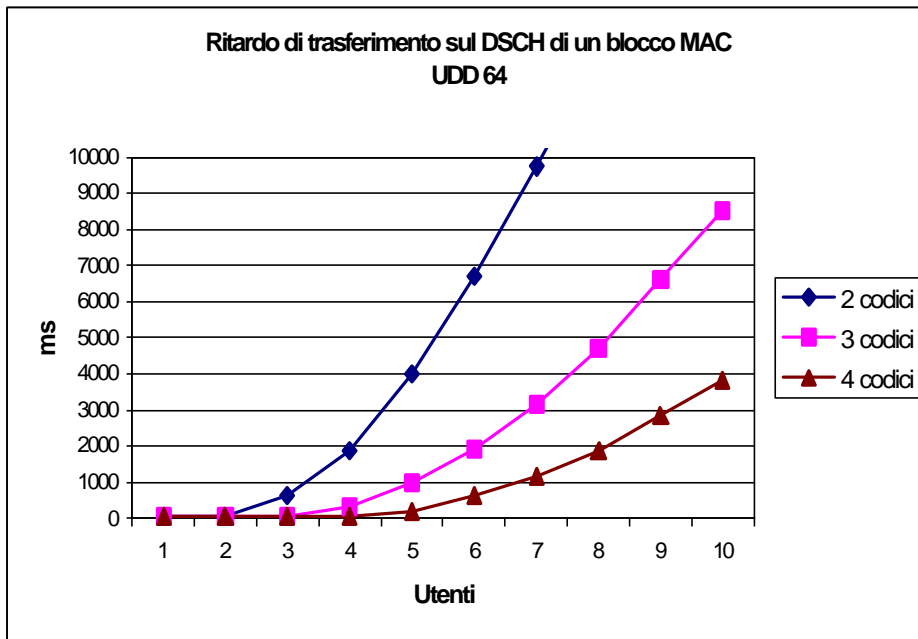
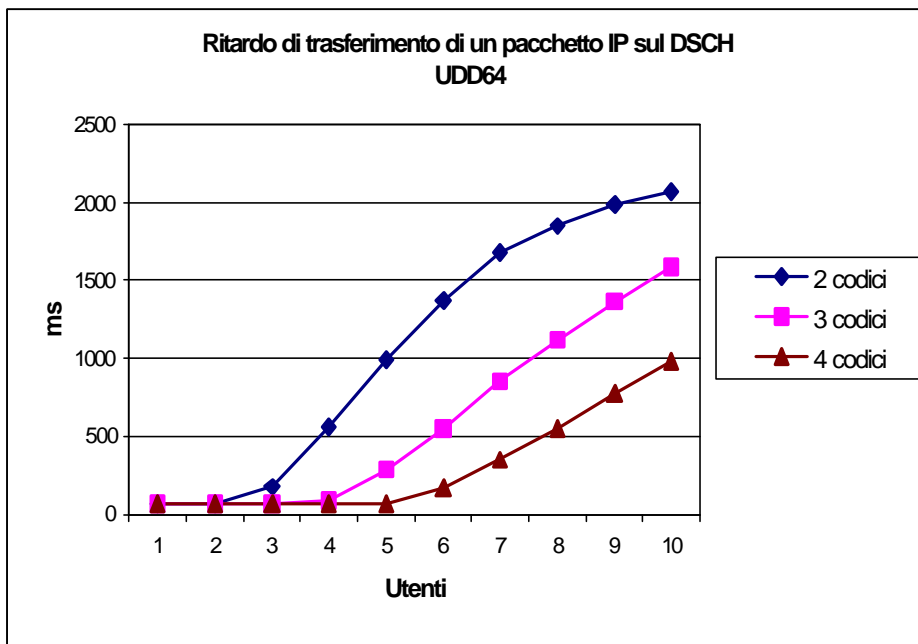


Figura 10.20: Ritardo di trasferimento di un blocco MAC sul DSCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sul numero di codici attivati; caso UDD 64



Figur 10.21: Ritardo di trasferimento di un pacchetto IP sull'interfaccia radio al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sul numero di codici attivato; caso UDD64

Nelle figure 10.19, 10.20 e 10.21 sono indicati i risultati ottenuti nel caso di traffico offerto di tipo UDD64. Le curve hanno un andamento analogo a quelle definite per il servizio UDD144 anche se variano, naturalmente, i valori relativi assunti dai parametri prestazionali ricavati. In particolare queste curve risentono delle ipotesi sull'allocazione dei codici indicata in tabella 10.1 per il particolare tipo di servizio indicato. La scelta di utilizzare un *Transport Format* di 2 blocchi per trama, infatti, causa un innalzamento dei ritardi come indicato in fig. 10.20. Le motivazioni sono già state evidenziate nella descrizione dei canali RACH, CPCH e DCH; bisogna rimarcare il fatto che tali scelte sono state effettuate per permettere l'utilizzo di codici a *Spreading Factor* più elevato in modo tale da liberare quelli di valore inferiore. La gestione di questo tipo di problematiche sarà oggetto di studio nel momento in cui verrà implementato l'albero per l'allocazione dei codici. Il cambiamento di *Transport Format* provoca un aumento dei ritardi di trasferimento dei blocchi rimarcando il fatto che il DSCH, in presenza di un numero di utenti elevato, non può essere utilizzato per gestire servizi *real time*. Vincolando il numero di utenti che possono essere inseriti all'interno del sistema, il throughput nella sessione di ON decresce, come indicato in fig. 10.19, da 50 a 20 kbit/s nel caso di 3 codici utilizzati, a parità di garanzie di servizio che si vogliono soddisfare.

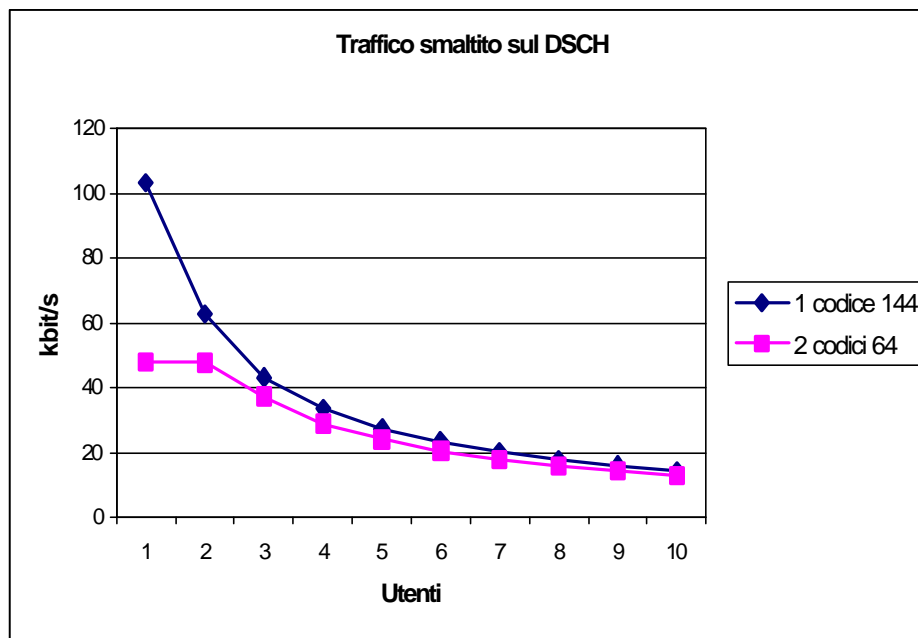


Figura 10.22: Traffico smaltito sul DSCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sul numero di codici attivato; caso UDD 144 e UDD 64

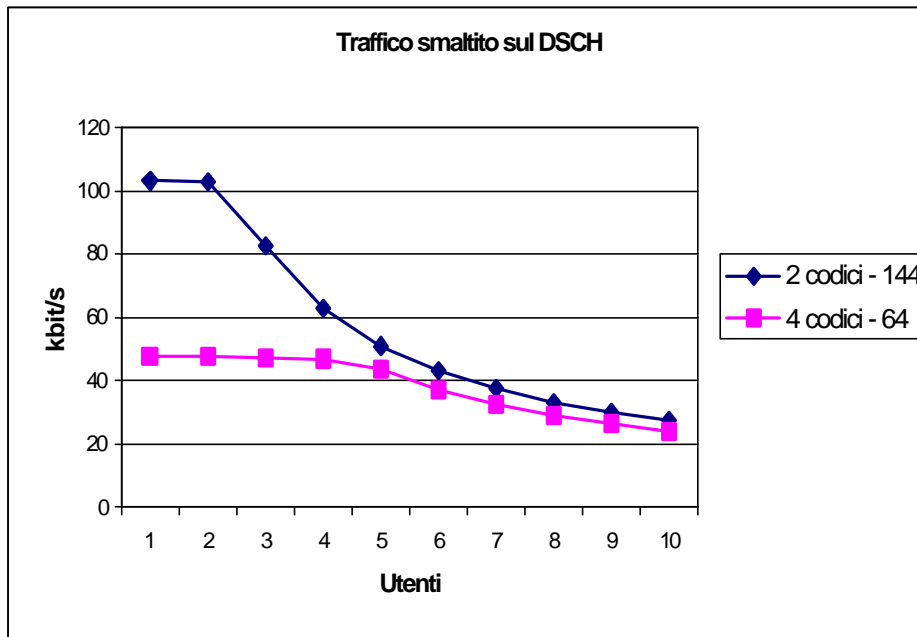


Figura 10.23: Traffico smaltito sul DSCH al variare del numero di utenti nel sistema, parametrizzato sul numero di codici attivato; caso UDD 144 e UDD 64

In figura 10.22 è presentato il risultato di una prova comparativa effettuata per verificare il comportamento del canale DSCH al variare del numero di codici allocato e dello *Spreading Factor* utilizzato. Si può notare che il traffico smaltito dalla rete tende, per un numero di utenti elevato, ad assumere gli stessi valori utilizzando il doppio dei codici di *Spreading Factor* dimezzato rispetto al codice di partenza. La differenza che si nota per un numero basso di utenti è dovuta al fatto che, nello stesso TTI, un utente può sfruttare al massimo un codice e, nel caso di UDD144, la capacità di questo canale è nettamente superiore a quella del codice attivato per il servizio UDD64. Nel caso di due utenti presenti all'interno del sistema il traffico smaltito, nel caso UDD144, diminuisce rapidamente perchè si ha condivisione dell'unica risorsa disponibile; per il servizio UDD64 questa situazione non capita perchè, avendo due codici a disposizione, gli utenti vedono i canali come dedicati.

La curva di fig 10.23 mantiene lo stesso andamento anche se la prova è stata effettuata variando il numero di codici a disposizione.

10.7 Confronto fra le prestazioni dei canali di trasporto

In questo paragrafo vengono presentati alcuni risultati che hanno come obiettivo il confronto fra le prestazioni ottenibili sui vari canali di trasporto UMTS. Le simulazioni sono state effettuate nel caso di traffico offerto alla rete

di tipo UDD144 ed al variare del numero di utenti presenti nel sistema; le curve sono parametrizzate sulla base del canale di trasporto utilizzato per trasferire il flusso dati generato dagli UE nel caso in cui siano attivati 3 codici per ciascun canale. I risultati vengono presentati nelle figure seguenti; in figura 10.24 si evidenzia come il traffico smaltito sul canale CPCH sia nettamente superiore a quello ottenibile sul RACH. L'ipotesi di utilizzare il CPCH per il trasferimento di traffico ad alto *bit rate* in uplink è, dunque, plausibile; il RACH, non garantendo prestazioni di tale portata, può essere utilizzato per il trasferimento saltuario di piccole quantità di informazioni. Il ritardo di trasferimento di un blocco MAC, come si vede in fig. 10.25, si mantiene limitato, al variare del numero degli utenti, sia sul CPCH che sul RACH, anche se il CPCH offre prestazioni superiori. Il traffico smaltito, presentato in figura 10.26, mostra come il DCH sia il canale che offre le migliori prestazioni, utilizzando però un'allocatione a circuito delle risorse e supponendo che il numero di codici sia sufficiente a soddisfare le richieste dei vari utenti; per gli altri canali di trasporto, invece, si allocano soltanto 3 codici ed i vari utenti vengono multiplati sui rispettivi canali fisici.

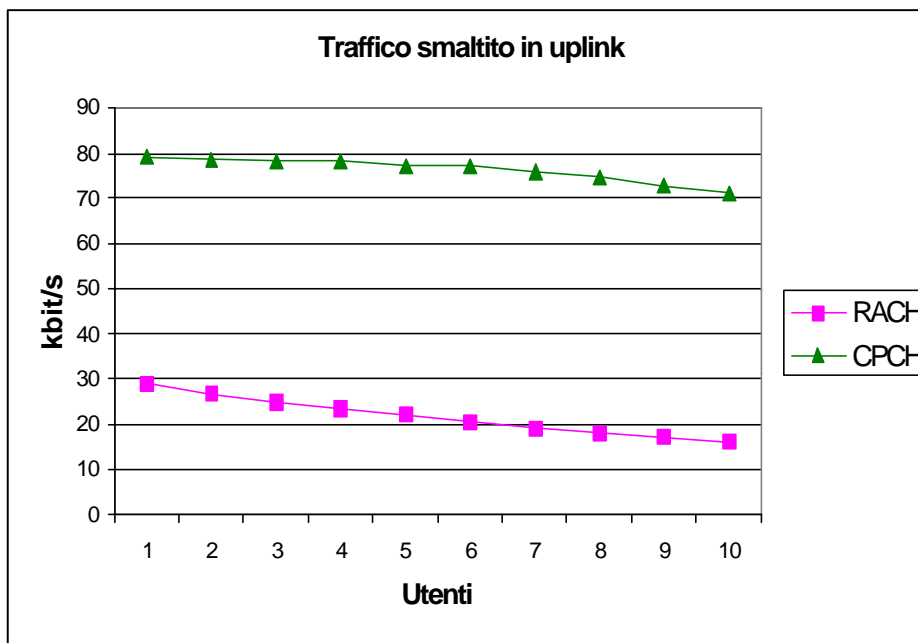


Figura 10.24: Traffico smaltito sui canali di trasporto in uplink al variare del numero di utenti presenti nel sistema; caso UDD144

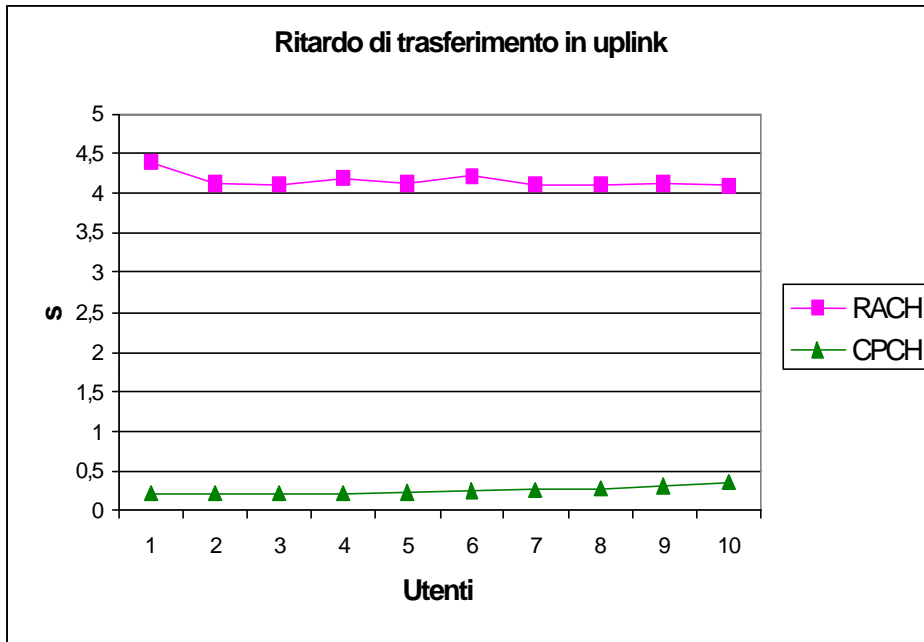


Figura 10.25: Ritardo di trasferimento di un blocco MAC sui canali di trasporto al variare del numero di utenti presenti nel sistema; caso UDD144

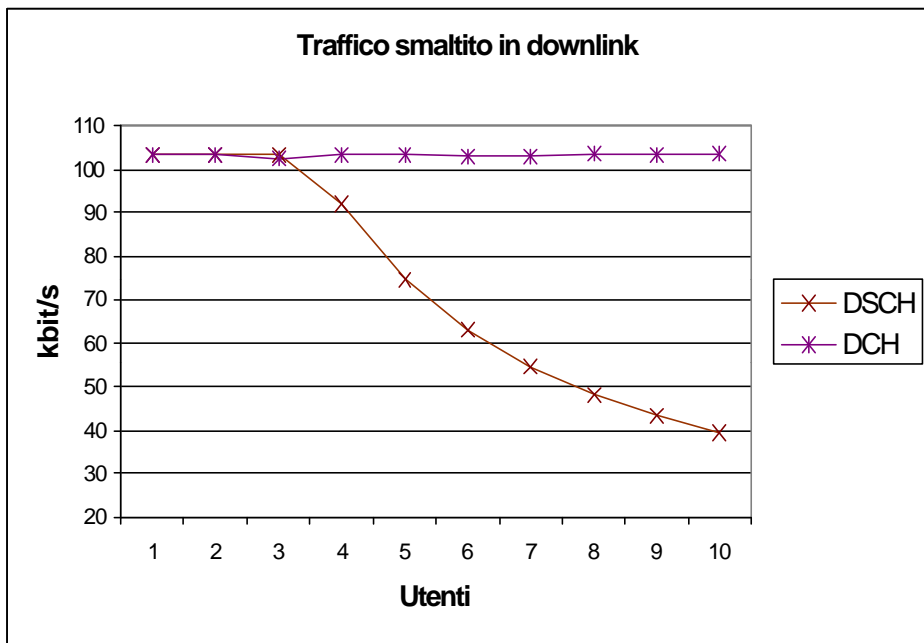


Figura 10.26: Traffico smaltito sui canali di trasporto in downlink al variare del numero di utenti presenti nel sistema; caso UDD144

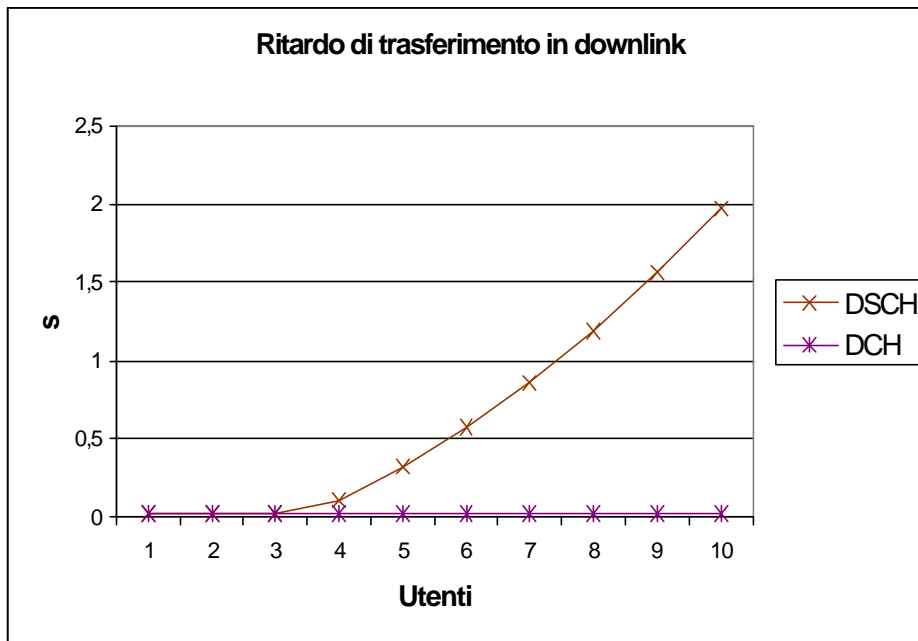


Figura 10.27: Ritardo di trasferimento di un blocco MAC sui canali di trasporto in downlink al variare del numero di utenti presenti nel sistema; caso UDD144

Il DSCH, con l'ipotesi di un numero di utenti paragonabile al numero di codici attivati, presenta un throughput simile a quello ottenibile sul DCH rimarcando la stretta correlazione esistente fra i due canali. All'aumentare del numero degli UE, però, il traffico smaltito sul DSCH inizia a decrescere mentre i ritardi, indicati in fig. 10.27, iniziano ad aumentare a differenza di quello che succede per il DCH dove, invece, rimangono costanti. Questa diminuzione delle prestazioni è compensata da fatto che è possibile soddisfare un numero di utenti maggiore rispetto al numero di codici attivato sul DSCH mentre, per il DCH, questa possibilità non è contemplata in quanto un utente mantiene l'utilizzo del codice assegnato per tutta la durata della connessione, se non vengono definite adeguate politiche di rilascio anticipato delle risorse.

10.8 Confronto tra GPRS ed UMTS

In questo paragrafo è presentata una prova di confronto fra le prestazioni ottenute sui canali di trasporto UMTS e GPRS. La simulazione è stata effettuata nel caso di traffico offerto di tipo UDD64 per entrambi i sistemi. Nelle simulazioni UMTS vengono attivati 3 codici per ciascun canale di trasporto mentre per GPRS si suppone un'allocazione di tipo dinamico su 7

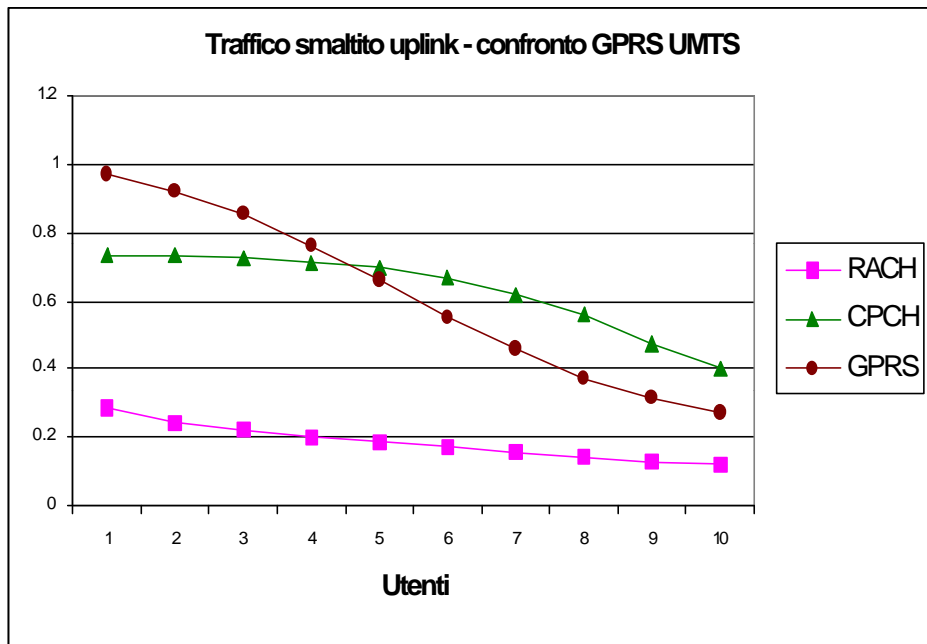


Figura 10.26: Rapporto tra traffico offerto e smaltito, in uplink, nei sistemi GPRS ed UMTS al variare del numero di utenti; sorgente di traffico di tipo UDD64

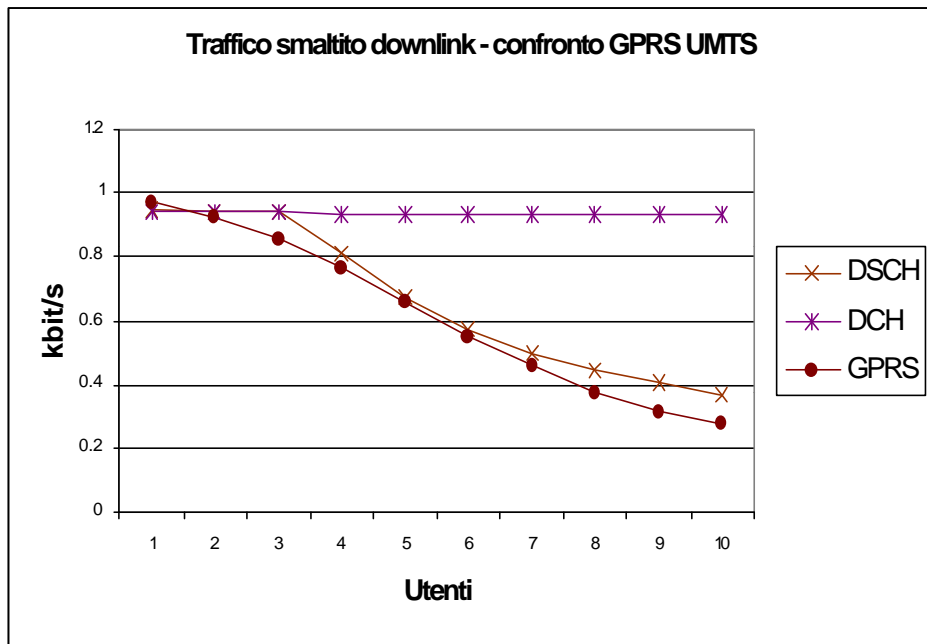


Figura 10.27: Rapporto tra traffico offerto e smaltito, in downlink, nei sistemi GPRS ed UMTS al variare del numero di utenti; sorgente di traffico di tipo UDD64

PDCH dati con schedulazione *Round Robin* fra gli utenti. La prova effettuata analizza il traffico smaltito dalla rete in uplink ed in downlink ed è presentata nella figure seguenti.

Per un numero basso di utenti, come si può vedere, le prestazioni di GPRS sono confrontabili con quelle di UMTS, in termini di traffico smaltito.

Questa considerazione lascia trasparire che l'introduzione del sistema GPRS potrebbe essere utile come primo passo per la fornitura di servizi multimediali nel caso in cui non vi sia un elevato numero di utenti. Per GPRS, però, si è supposto di utilizzare un'intera portante dedicata al traffico dati mentre per UMTS vengono allocati 3 codici per canale di trasporto.

Al crescere del numero di utenti che condividono le risorse messe a disposizione, il traffico smaltito da GPRS diventa inferiore a quello di un qualunque canale UMTS; il sistema UMTS, quindi, permetterà di soddisfare la crescente richiesta di servizi ad alto *bit rate* anche in aree geografiche densamente popolate.