



# Università degli Studi di Cagliari

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Tecnologie per  
Internet

## HSPA

High Speed Packet Access



# Motivazioni ad HSPA

- ✓ L'uso di canali *dedicati* per applicazioni di *dati a pacchetto* può dare luogo a inefficienze nell'utilizzazione delle risorse disponibili sull'interfaccia quando sia necessario assegnare elevati rate di dati a utenti individuali.
- ✓ D'altra parte, sempre nelle applicazioni di dati a pacchetto, più elevati rate di dati di picco disponibili conducono a un miglioramento delle prestazioni dell'UTRA



# Motivazioni ad HSPA

- ✓ Queste due motivazioni hanno condotto, nelle Release 5 e 6, a una modalità di accesso *aggiuntiva* e *migliorativa* rispetto a quella inizialmente prevista nella Release 99, e cioè all'*Accesso a Pacchetto ad Alta Velocità* (High Speed Packet Access - *HSPA*).
- ✓ L'HSPA include due componenti, con l'obiettivo di migliorare le prestazioni dell'interfaccia nel trasferimento di dati a pacchetto in *downlink* e in *uplink*.



# Specifiche per HSPA

- ✓ Data Rate
  - Richiesta di maggiori velocità di picco
- ✓ Delay
  - Più bassi ritardi
- ✓ Capacity
  - Migliore capacità e throughput
  - Migliore efficienza spettrale
- ✓ Coverage
  - Migliore copertura per data rate maggiori



# Soluzioni proposte per HSPA

- ✓ In *downlink* si aggiunge (ai canali di trasporto dedicati) un nuovo canale di trasporto che è *condiviso* tra gli utenti che sono attivi sull'interfaccia.
  - Questo nuovo canale è l'*High Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH)* che consente di assegnare tutte le risorse disponibili a uno o più utenti in modo molto efficiente.
- ✓ In *uplink*, i canali di trasporto dedicati sono migliorati nei *Enhanced Dedicated Channels (E-DCH)*.



# Servizi che beneficeranno di HSPA

Delay  
Sensitive –  
Error  
Tolerant

- ✓ **Voice-over-IP (VoIP)**
  - Bassa latenza, controllo di Quality of Service (QoS), incremento di capacità
- ✓ **Video Telephony (dominio Packet Switched)**
  - Bassa latenza, controllo di Quality of Service (QoS), alte velocità dati e incremento di copertura e capacità
- ✓ **Gaming**
  - Bassa latenza, allocazione di risorse veloce
- ✓ **Video Share / Picture Share**
  - Alte velocità dati in uplink e incremento di copertura e capacità
- ✓ **File Uploading (large files)**
  - Alte velocità dati e incremento di copertura e capacità

Delay  
Tolerant –  
Error  
Sensitive



# HSDPA

Nel Dicembre del 2005, la Cingular Wireless lancia per prima volta sul mercato una versione “enhanced” di UMTS che includeva HSDPA

Nel 2006 c'erano già 41 operatori ad offrire servizi HSDPA in 31 paesi del mondo (con l'impegno di ulteriori 62 operatori di fare lo stesso nell'immediato futuro)

Cosa è

- supporta l'introduzione di servizi ad alto bit-rate
- aumenta la capacità della rete, minimizzando contemporaneamente gli investimenti degli operatori
- fornisce una evoluzione graduale di UMTS verso piu' alte velocità e capacità, così come EDGE per l'ambiente GSM
- introduce canali condivisi da più utenti e garantisce un efficiente utilizzo delle risorse nel dominio della commutazione di pacchetto; soluzione molto meno costosa dei canali dedicati



# L'evoluzione in tre fasi di HSDPA

✓ **3GPP release 3 identifica diverse fasi dell'evoluzione di HSDPA.**

*Fase 1: Basic HSDPA*

✓ La prima fase, specificata nella 3GPP **release 5**, vede l'introduzione di diverse nuove funzioni di base con l'obiettivo di raggiungere un *peak data rate* di 10.8 Mbit/s:

- *High speed downlink shared channel* supportati dai relativi canali di controllo.
- *Modulazione Adattativa* (QPSK e 16QAM).
- *Shared medium access control* (MAC-hs) nel Node B.



# L'evoluzione in tre fasi di HSDPA (2/3)

## Fase 2: HSDPA enhancements

- ✓ La seconda fase, specificata nella 3GPP **release 6**, introduce tecnologie di *antenna array processing* per aumentare il *peak data rate* fino a circa 30 Mbit/s:
  - Smart antenna che utilizza tecniche di “beamforming” (formazione del fascio) per terminali mobili con una singola antenna.
  - Tecnologie MIMO per terminali mobili con due-quattro antenne.



# L'evoluzione in tre fasi di HSDPA (3/3)

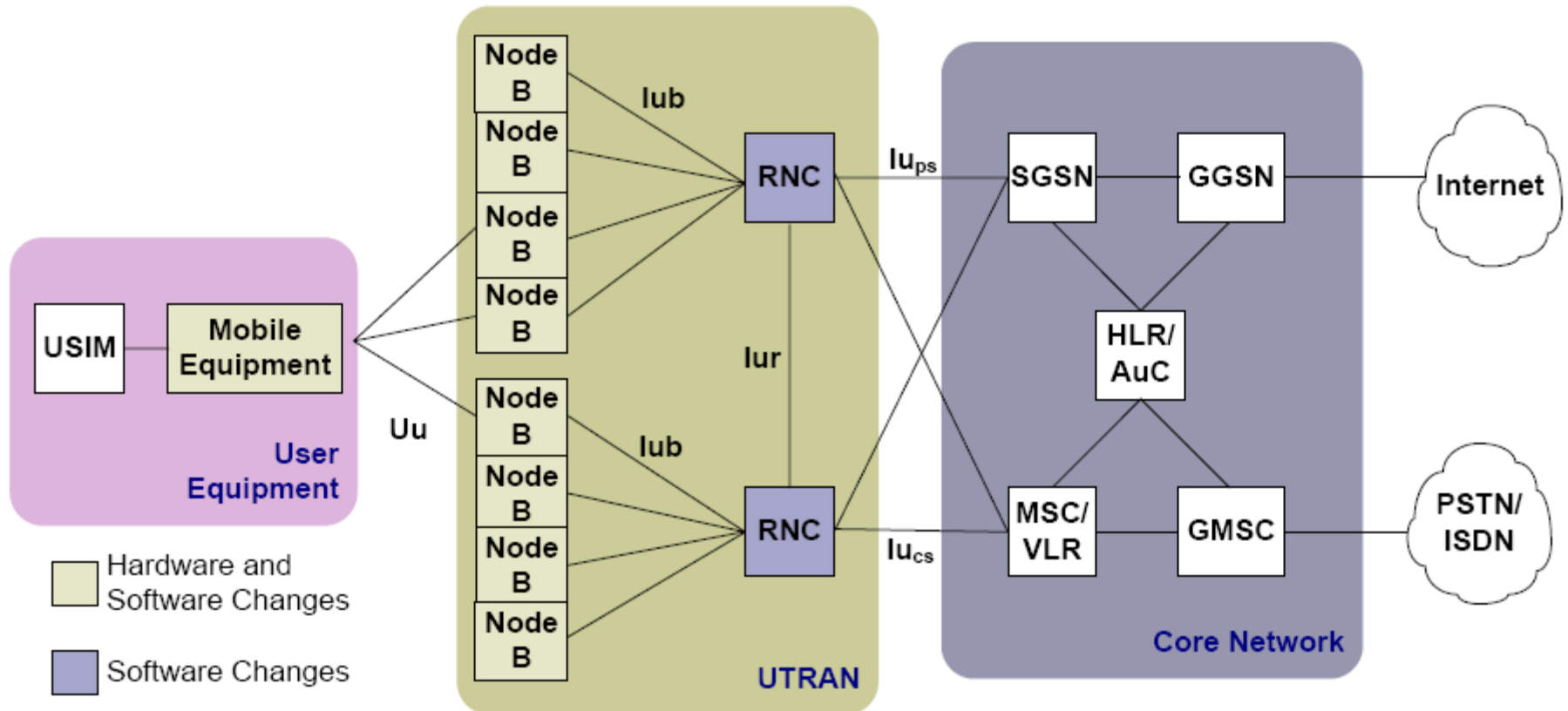
## *Fase 3: Nuova interfaccia aerea*

Alla fine, la fase tre dovrà introdurre una nuova interfaccia aerea per HSDPA allo scopo di aumentare il bitrate medio:

- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) a livello fisico combinato con schemi di modulazione a più livelli.
- MAC-hs/OFDM con tecniche di “scheduling veloce” per ottimizzare le performance selezionando degli insiemi di sottoportanti dedicati ad ogni terminale mobile in base alla qualità dell'interfaccia aerea.
- Multi-standard MAC (Mx-MAC) concepito come un'entità di controllo che implementi una commutazione veloce tra canali Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) e canali Code Division Multiple Access (CDMA).

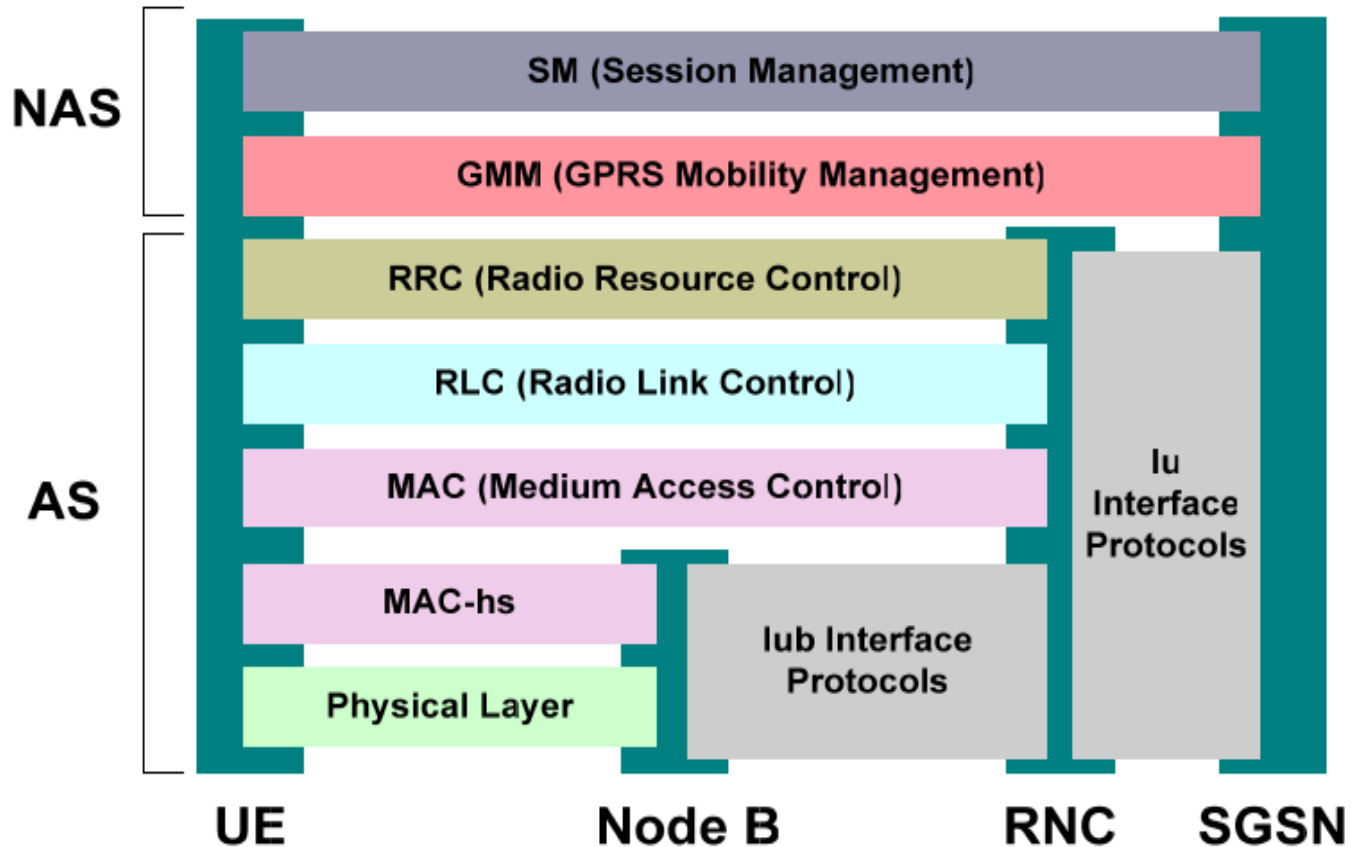


# Architettura di UMTS con HSDPA





# Pila protocollare di UMTS con HSDPA





# La fase 1 di HSDPA

- ✓ L'intervento dell'HSPA sul downlink è denominato *HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)* e migliora le prestazioni del trasferimento di dati a pacchetto in downlink attraverso i seguenti provvedimenti:
  1. *impiego condiviso* del nuovo canale di trasporto HS-DSCH;
  2. *adattamento rapido* dei parametri trasmissivi (nell'HS-DSCH) alle condizioni assunte dal canale radio istante per istante (Fast Link Adaptation);
  3. *adozione* di una assegnazione adattativa del canale HS-DSCH secondo una strategia dipendente dalle condizioni istantanee del canale radio (Fast Channel Dependent Scheduling);
  4. *utilizzazione* di un più efficace meccanismo di ritrasmissione dei dati rivelati errati (Fast Hybrid-ARQ with soft combining);



# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

- ✓ Con l'HS-DSCH un certo ammontare di *codici di canalizzazione* e la *potenza trasmessa* in una cella sono trattati come una risorsa comune, che è condivisa *dinamicamente* tra gli utenti primariamente nel dominio del tempo, ma anche in quello dei codici
- ✓ La condivisione
  - è gestita con il criterio della assegnazione adattativa alle condizioni del canale radio, come sarà chiarito nel seguito;
  - può essere modificata ogni 2 ms, e cioè 500 volte al secondo.



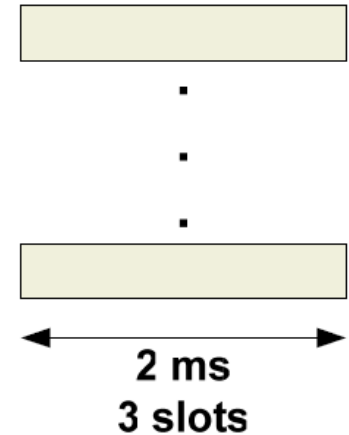
# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

- ✓ In Realtà si introducono tre nuovi canali fisici a supporto dell' High Speed Downlink Shared Channel:
  - *Due in downlink:*
    - High Speed Physical Downlink Shared (HS-PDSCH)
    - High Speed Shared Control CHannel (HS-SCCH)
  - *E uno in uplink:*
    - High Speed Dedicated Physical Control CHannel (HS-DPCCH)
- ✓ HS-PDSCH, HS-SCCH e HS-DPCCH utilizzano un cosiddetto *Transmission Time Interval (TTI)* di 2 ms. Questo intervallo è detto anche 'subframe'.

# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

✓ High Speed Physical Downlink Shared CHannel (HS-PDSCH):

- Trasporta i veri e propri pacchetti dati,
- Spreading Factor (SF) = 16,
- QPSK/16QAM,
- Controllato in potenza da parte del Node B,
- Fino a 15 HS-PDSCHs per cella,
- Velocità di traffico aggregate fino a 14.4 Mbit/s per cella (nel caso in cui si allochino 15 HS-PDSCHs, 16QAM, code rate 1).

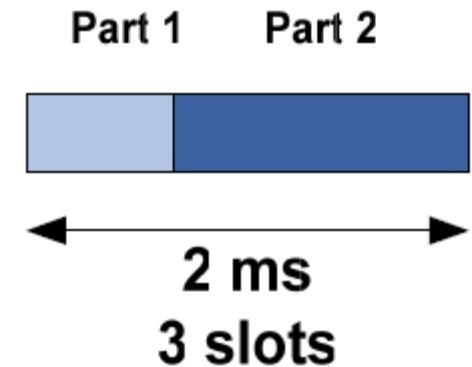




# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

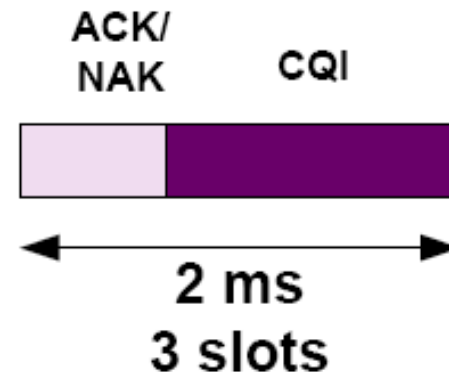
## ✓ High Speed Shared Control CHannel (HS-SCCH):

- Canale di Downlink che trasporta informazioni relative alla segnalazione (*channel code set, modulation scheme, transport block size, HARQ process number, UE identity, ecc.*),
- Spreading Factor = 128,
- Modulazione QPSK,
- Controllato in potenza da parte del Node B,
- Fino a 32 HS-SCCHs per cella,
- Fino a quattro HS-SCCHs per utente.
- Parte 1: info su modulazione / Parte 2: altre info



# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

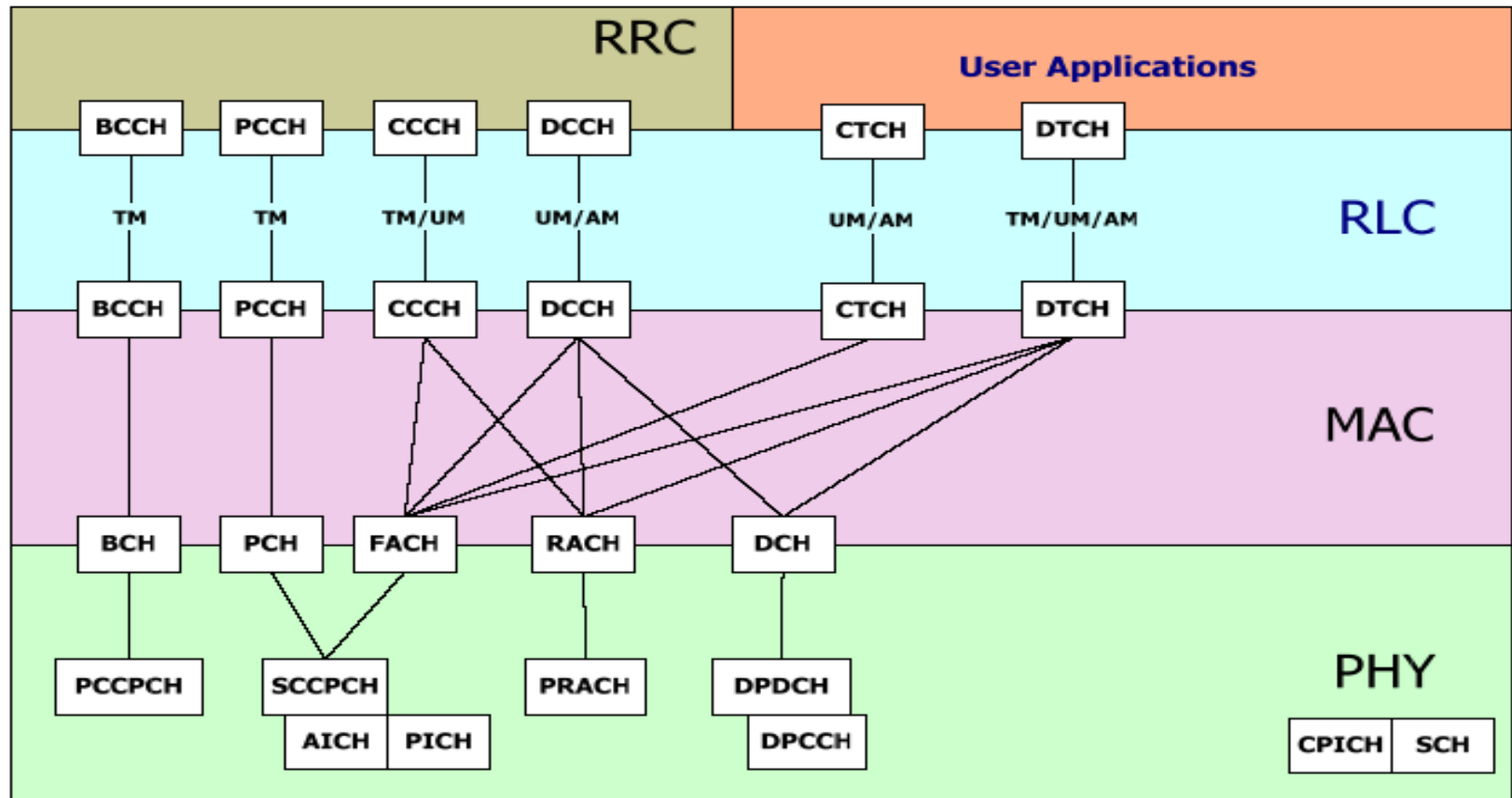
- ✓ High Speed Dedicated Physical Control Channel (HS-DPCCH):
  - Canale di Uplink che trasporta informazioni di segnalazione (ACK/NAK relativi al processo di ARQ e Channel Quality Indicator - CQI),
  - Spreading Factor = 256,
  - Modulazione QPSK,
  - Terminato nel Node B.





# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

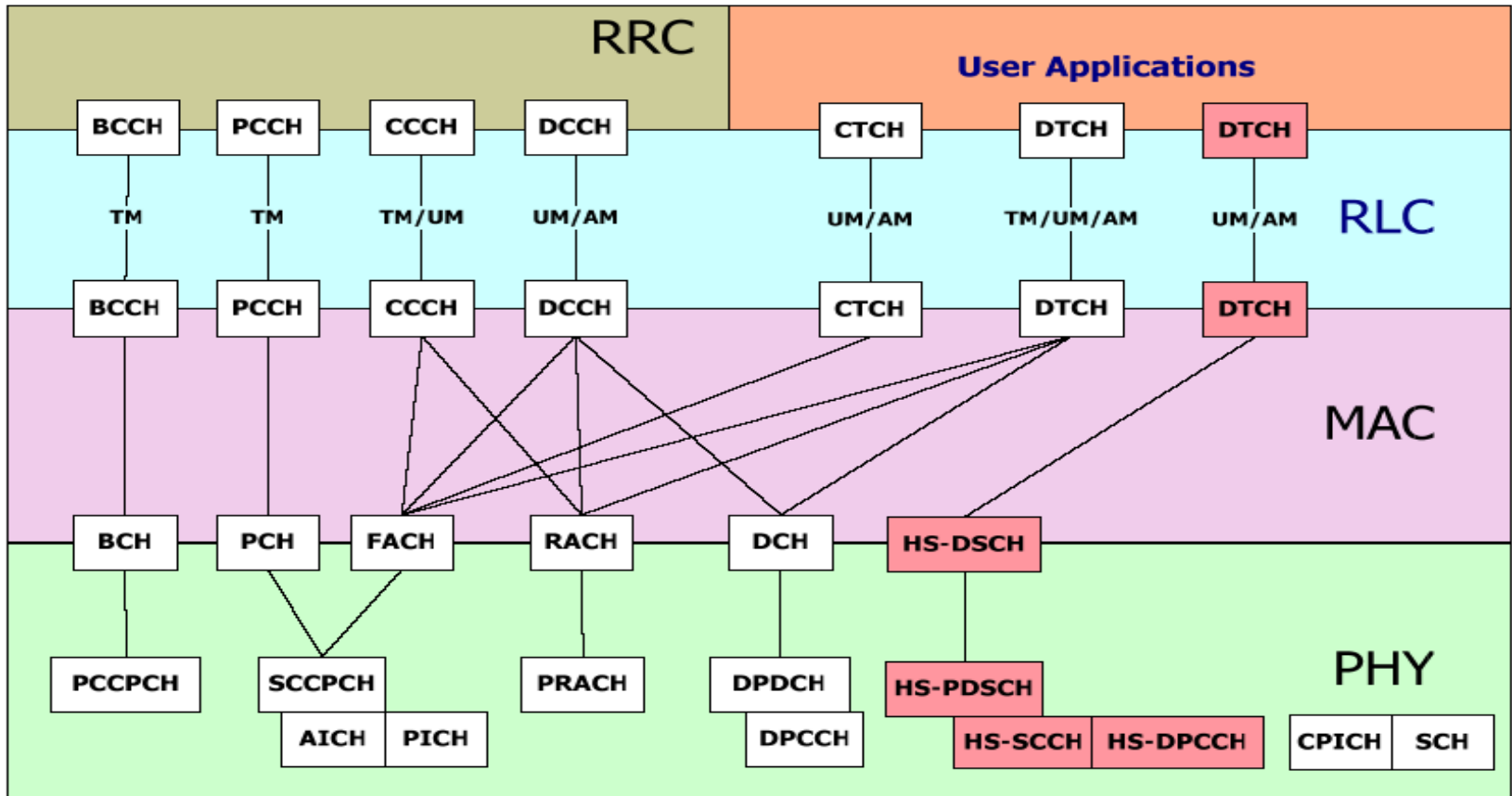
## Canali di UMTS Release 99



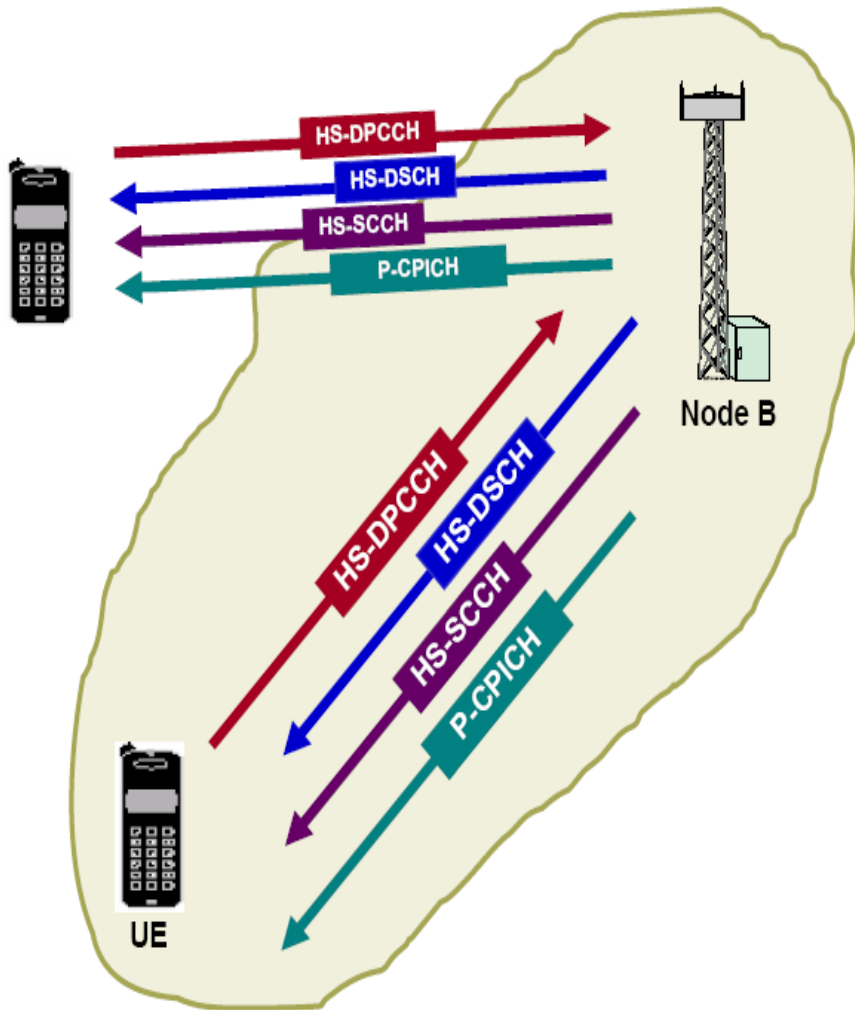


# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

## Canali di HSDPA



# Impiego condiviso dell'HS-DSCH



1. ogni UE comunica la qualità di canale su **HS-DPCCH**
2. il Node B decide quale UE e quando deve essere servita
3. il Node B informa l'UE da servire via **HS-SCCH**.
4. Poi invia i dati a tale UE via **HS-DSCH**
5. la UE servita invia feedback (ACK/NAK) al Node B utilizzando l' **HS-DPCCH**



# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

- ✓ L'adattamento veloce del collegamento ha lo scopo di fronteggiare fenomeni, come quelli legati al fading da cammini multipli, che possono presentarsi in modo anche molto diversificato in differenti collegamenti downlink con variazioni veloci nel tempo e nello spazio.
- ✓ In luogo della soluzione adottata per i canali dedicati dell'UTRA (controllo veloce di potenza per compensare le differenze e le variazioni delle condizioni istantanee del canale radio) l'adattamento veloce utilizzato nell'HSDPA modifica i parametri trasmissivi.



# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

- ✓ Tale modifica riguarda
  - il *tasso di codifica di canale*, passando da valori minori ad altri più elevati;
  - lo *schema di modulazione*, scegliendo un ordine minore o maggiore, in relazione alle condizioni presentate istante per istante dal canale radio.
- ✓ Quando queste condizioni sono **buone**, si utilizza una modulazione di ordine più elevato e un minore tasso di codifica; quando invece dette condizioni sono **cattive** si adottano un ordine di modulazione e un tasso di codifica che siano più robusti nei confronti degli eventi di errore.



# Impiego condiviso dell'HS-DSCH

- ✓ Questo tipo di adattamento del canale, che **agisce sul ritmo di trasferimento dei dati nell'HS-DSCH lasciando invariata la potenza di trasmissione**, è *più efficiente*, in termini di impegno di risorse, rispetto all'impiego del controllo di potenza utilizzato sui canali di trasporto dedicati: ciò è sicuramente vero per servizi (come quelli per dati a pacchetto) che tollerano variazioni del ritmo di trasferimento a breve termine.
- ✓ La velocità di adattamento, che è anche quella di possibile modifica della condivisione, è stata fissata in 500 volte al secondo: ciò consente di adattare il ritmo dei trasferimenti di dati su una base temporale di 2 ms.



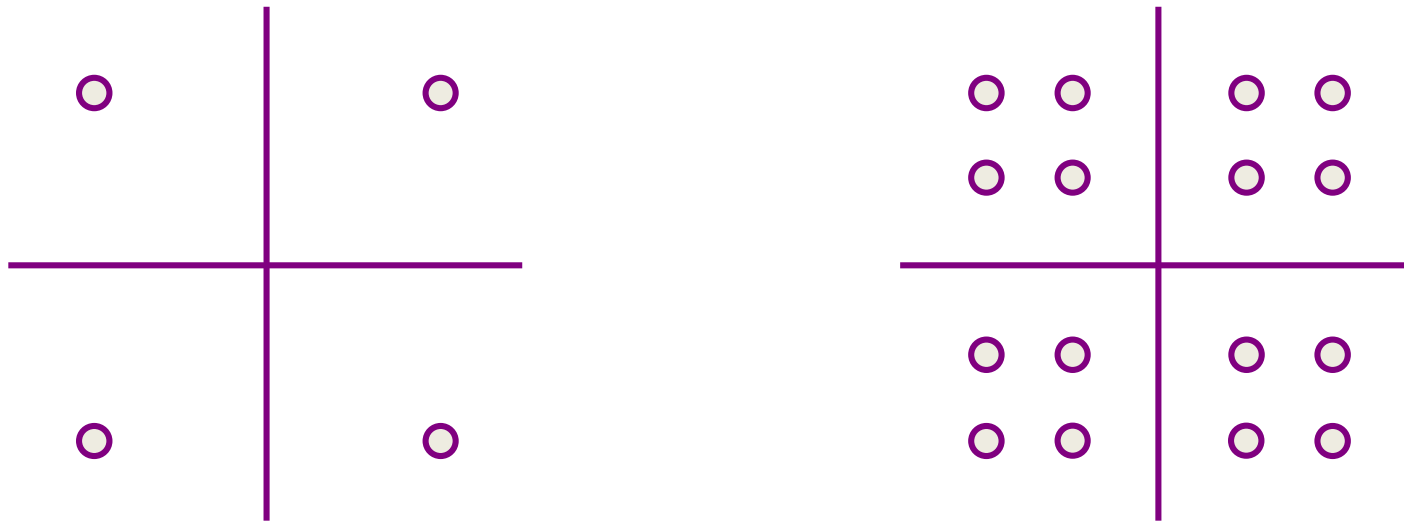
# Adattamento dello schema di modulazione

- ✓ In funzione delle condizioni del canale radio, lo schema di modulazione può passare da quello QPSK al 16QAM, che è spettralmente più efficiente e che, a parità della massima ampiezza del segnale trasmesso, è più sensibile del QPSK ai vari fenomeni di degradazione subiti dal segnale ricevuto rispetto a quello trasmesso.



# Adattamento dello schema di modulazione

- ✓ Ciò è evidente dal confronto delle relative costellazioni, qui rappresentate a parità di massima ampiezza trasmessa:





# Adattamento dello schema di modulazione

- ✓ Quindi lo schema **16QAM** viene utilizzato in presenza di **condizioni radio favorevoli**, dato che consente di ottenere un maggior ritmo di picco.
- ✓ Invece quando le **condizioni di propagazione peggiorano** e quindi aumentano gli errori trasmissivi, si passa allo schema **QPSK**



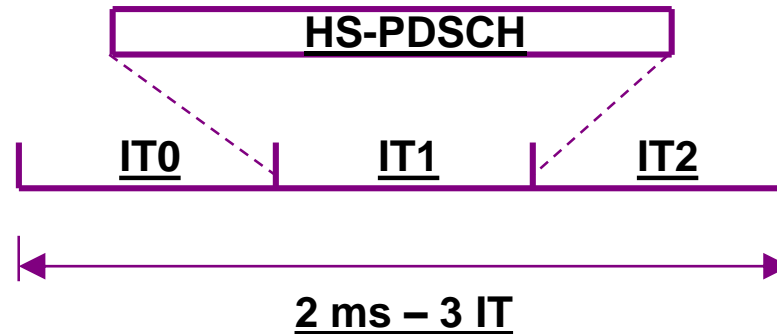
# Il canale fisico HS-PDSCH

- ✓ Il canale di trasporto HS-DSCH è supportato dal canale fisico HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channel); quest'ultimo utilizza uno o più codici di canalizzazione con SF fisso e uguale a 16.
- ✓ Pertanto, in entrambi gli schemi di modulazione, il ritmo di simbolo è uguale a 240 kbaud (3840/16); ma il QPSK trasporta 2 bit/simbolo, mentre il 16QAM ne trasporta il doppio, e cioè 4 bit/simbolo.
- ✓ Conseguentemente il ritmo binario  $R_b$  di ogni canale HS-PDSCH è dato da
  - nel caso QPSK  $R_b = 2 \times 240 = 480 \text{ kbit/s}$
  - nel caso 16QAM  $R_b = 4 \times 240 = 960 \text{ kbit/s}$



# Il canale fisico HS-PDSCH

- ✓ L'asse temporale dell'HS-PDSCH è strutturato in sotto-trame; ognuna di queste ha la durata di 2 ms (e cioè di 1 TTI) ed è costituita da 3 IT.





# Il canale fisico HS-PDSCH

- ✓ La durata di 2 ms è quindi *l'Intervallo del Tempo di Trasmissione* (Transmission Time Interval - TTI).
- ✓ La riduzione della durata della trama, e quindi del TTI, da 10 ms a 2 ms
  - consente di rendere più reattivi i meccanismi di adattamento al canale radio,
  - riduce i ritardi di trasferimento e quelli di andata/ritorno (Round Trip Time)



# Assegnazione veloce del canale HS-DSCH

- ✓ L'assegnazione del canale condiviso effettuata in base alle condizioni del canale radio determina, per ogni TTI, a quale UE deve essere indirizzata la trasmissione sul HS\_DSCH.
- ✓ Per questo scopo, in stretta cooperazione con l'adattamento veloce alle condizioni del collegamento, vengono decisi da uno scheduler quanti codici di canalizzazione debbono essere usati per ogni TTI, e, per ogni codice, quale schema di modulazione.



# Assegnazione veloce del canale HS-DSCH

- ✓ L'idea alla base di questo tipo di assegnazione adattativa in luogo di una statica (come ad es. di una ciclica) mira a fronteggiare, in modo fortemente reattivo, le variazioni a breve termine della potenza del segnale ricevuto, trasmettendo prioritariamente a UE con condizioni di canale più favorevoli.
- ✓ L'uso di questa modalità di assegnazione ha il vantaggio di aumentare la capacità del collegamento e consente un miglior uso delle risorse.
- ✓ Il guadagno ottenuto trasmettendo a utenti con condizioni più favorevoli è chiamato "diversità multi-utente"

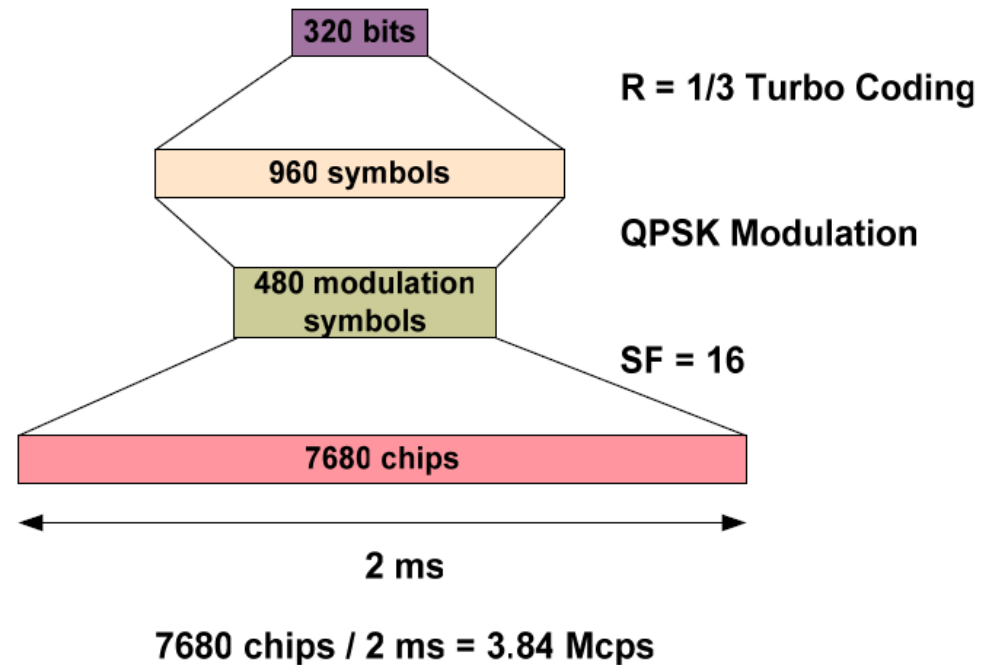


# Codifica a basso guadagno

## Data Rate Turbo Coding and QPSK Modulation

2.4 Mbps X 3 = 7.2 Mbps

### R=1/3 Turbo Coding and QPSK Modulation

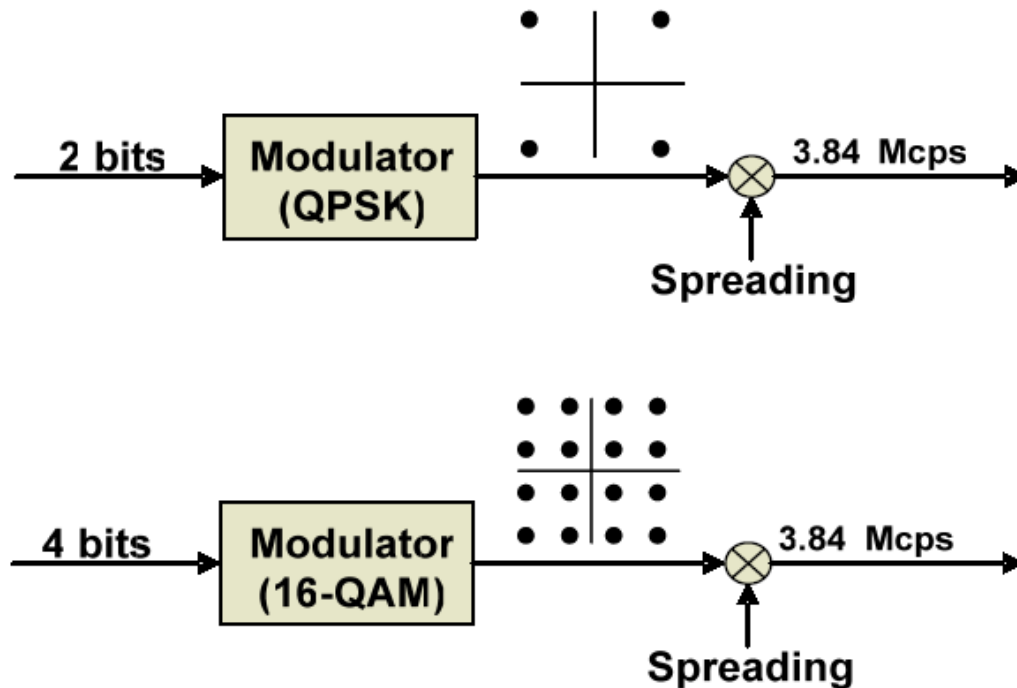




# Utilizzo di modulazione 16-QAM

## Data Rate with 16-QAM

$$7.2 \text{ Mbps} \times 2 = 14.4 \text{ Mbps}$$





# Hybrid-ARQ with soft combining

- ✓ Lo UE può *richiedere rapidamente* la ritrasmissione di dati *ricevuti errati*: ciò consente di ridurre il ritardo di trasferimento e di aumentare la capacità del collegamento.
- ✓ Inoltre, prima di decodificare l'informazione ricevuta, lo UE *combina l'informazione ottenuta dalla prima trasmissione con quelle delle ritrasmissioni successive*: questa modalità, chiamata "soft combining", aumenta la capacità del collegamento e la sua robustezza nei confronti degli errori.

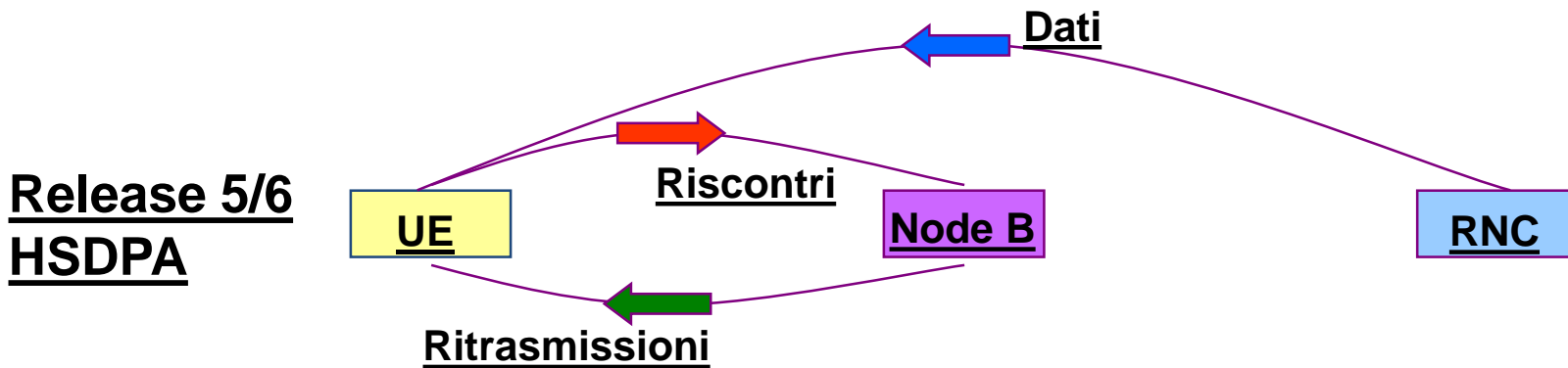
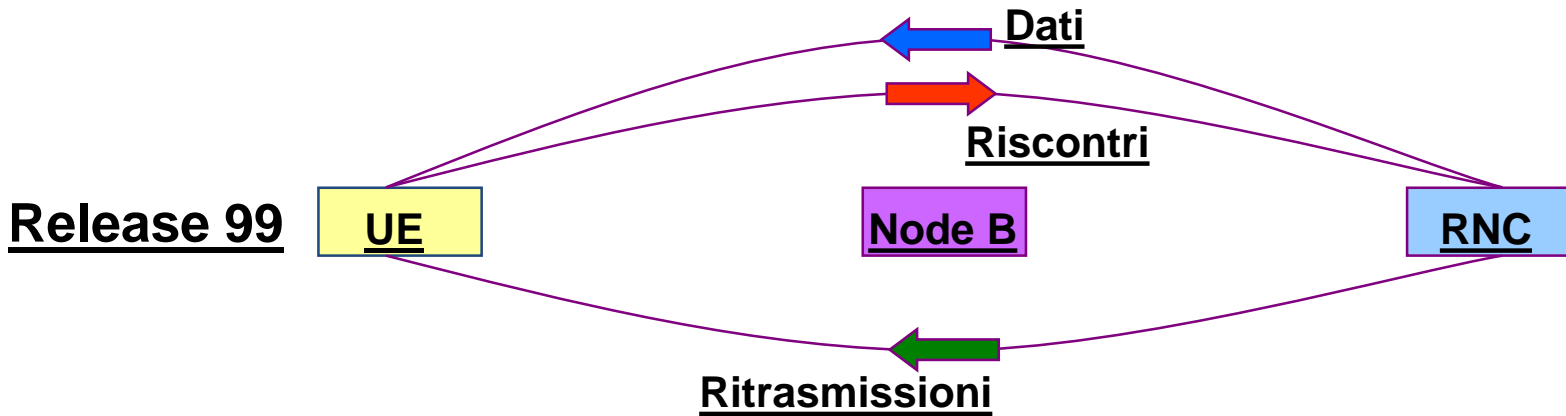


# Hybrid-ARQ with soft combining

- ✓ La riduzione del tempo di ritrasmissione è ottenuta implementando il meccanismo Hybrid-ARQ nel Node B.
- ✓ In uplink l'UE informa Node B della corretta o errata ricezione dei blocchi informativi ricevuti; in base ai riscontri, il Node B trasmette nuove informazioni o ritrasmette quelle ricevute corrotte dall'UE.



# Hybrid-ARQ with soft combining

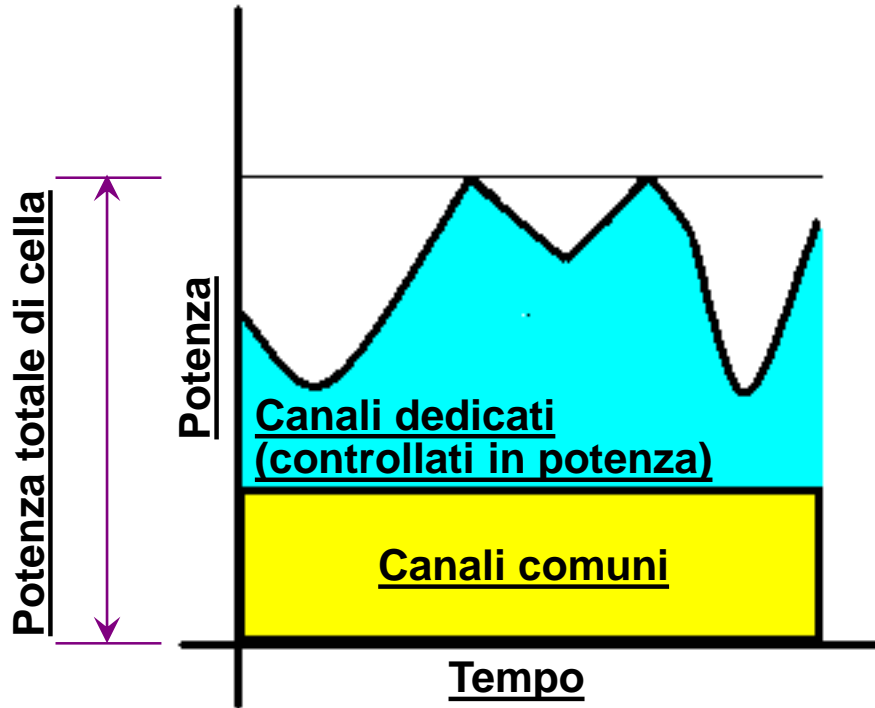




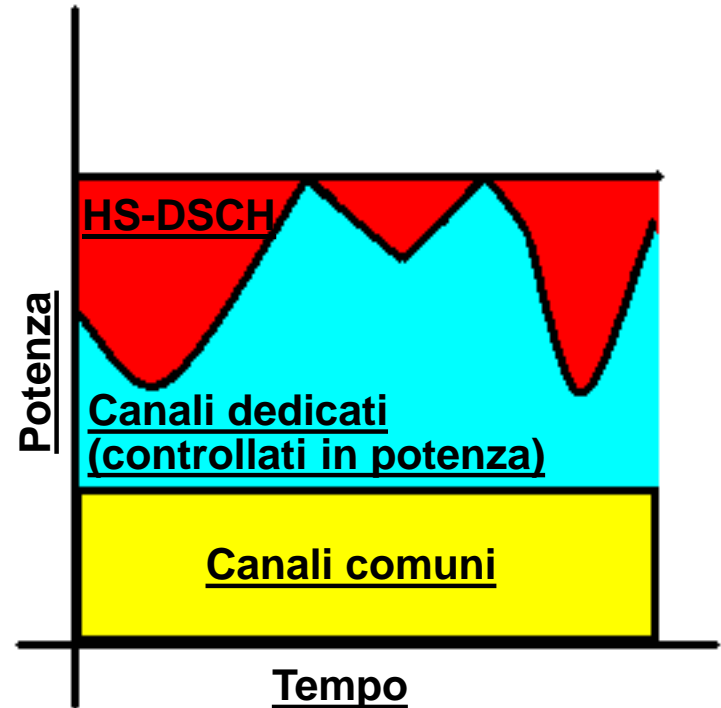
# Utilizzazione della potenza di cella

- ✓ L'HSDPA utilizza **la potenza non utilizzata per i canali dedicati**: dopo aver servito i canali comuni e dedicati, è possibile assegnare la potenza rimanente (rispetto a quella totale di cella) all'HS-DSCH, con il risultato di un uso più efficiente della potenza disponibile
- ✓ Infatti ai canali dedicati è richiesto, tramite il controllo di potenza veloce, di mantenere un ritmo di dati costante; pertanto, con soli canali controllati in potenza è difficile un impiego totale della potenza trasmissiva disponibile.

# Utilizzazione della potenza di cella



Uso della potenza senza HSDPA



Uso della potenza con HSDPA



# Vantaggi dell'HSDPA

- ✓ Sono consentiti vantaggi per gli utenti e per gli operatori:
  - per gli *utenti*, sono possibili bit-rate più elevati, ridotti tempi di trasferimento e ridotti RTT;
  - per gli *operatori*, è conseguibile una maggiore capacità del sistema con un incremento valutabile da due a tre volte quella dell'UTRA Release 99.



# Vantaggi dell'HSDPA

✓ Ad esempio, per il download di file sono stimabili i seguenti tempi di trasferimento :

➤ immagine JPEG (30 kbyte - VGA)

<b>UMTS</b>	{ 64kbit / s : 4,3s
	{ 384kbit / s : 1,4s
<b>HSDPA</b>	: 1,0s

➤ presentazione a slide  
(200 kbyte – power point)

<b>UMTS</b>	{ 64kbit / s : 26,7s
	{ 384kbit / s : 5,1s
<b>HSDPA</b>	: 1,9s

➤ MP3 (1000 kbyte – 1 min di audio)

<b>UMTS</b>	{ 64kbit / s : 132,0s
	{ 384kbit / s : 22,4s
<b>HSDPA</b>	: 4,1s



# Vantaggi dell'HSDPA

- ✓ La trasmissione su un canale condiviso dà luogo a un uso più efficiente dei codici disponibili e delle risorse di potenza.
- ✓ L'uso di un più breve TTI (2 ms) riduce il RTT e migliora l'inseguimento delle variazioni veloci del canale.
- ✓ L'adattamento al collegamento massimizza l'uso del canale e consente alla SRB di lavorare in prossimità della massima potenza di cella.



# Vantaggi dell'HSDPA

- ✓ L'assegnazione adattativa veloce prioritizza gli utenti con le condizioni di canale più favorevoli.
- ✓ La ritrasmissione veloce e il soft combining aumentano ulteriormente la capacità.
- ✓ Lo schema 16QAM fornisce più elevati bit-rate di trasferimento.



# La fase 2 di HSDPA (beamforming)

- ✓ Si può ottenere un guadagno nel link budget utilizzando delle antenne molto direttive nella direzione degli utenti
- ✓ Un guadagno di 3dB si realizza raddoppiando il numero di antenne in trasmissione
- ✓ Per effettuare il “beamforming”, spesso sono utilizzati array di antenne con una spaziatura di mezza lunghezza d’onda tra gli elementi
- ✓ Un codice di scrambling dedicato puo’ essere assegnato a ciascun beam, rendendo cosi’ disponibile un albero di canalizzazione disponibile in ogni beam
- ✓ L’aumento dello spazio dei codici puo’ essere utilizzato assegnando un packet scheduler per ciascun beam

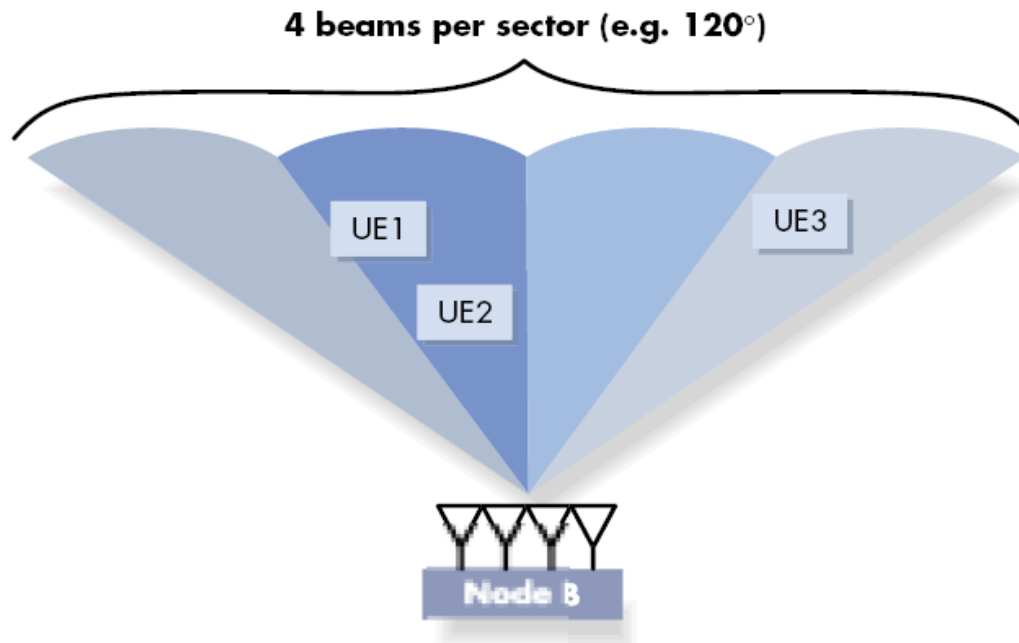


## La fase 2 di HSDPA (beamforming)

- ✓ Si può usare lo Space Division Multiple Access (SDMA) per aumentare il throughput del downlink della cella “schedulando” simultaneamente pacchetti ad utenti serviti da differenti beam.
- ✓ Cio’ limita l’interferenza mutua tra tali utenti, rendendo possibile il riuso delle stesse risorse di delle risorse associate allo stesso *channelization code*.
- ✓ L’implementazione dell’ SDMA richiede di implementare delle estensioni del *MAChs packet scheduler* per abilitare la separazione spaziale degli utenti e il riuso conseguente dei codici.

# La fase 2 di HSDPA (beamforming)

- ✓ Esempio di scenario di beamforming con SDMA: UE1 e UE3 sono schedulati per ricevere simultaneamente un pacchetto, possibilmente usando lo stesso codice di canalizzazione, diversamente da UE1 e UE2.





# La fase 2 di HSDPA (transmit diversity)

- ✓ Guadagno dovuto a diversità spaziale si puo' ottenere trasmettendo informazioni identiche attraverso canali che mostrano un fading non correlato.
- ✓ Ciò e' ottenuto separando le antenne trasmettenti o in posizione (per esempio da 10 a 20 lunghezze d'onda) o in orientamento di polarizzazione
- ✓ 3GPP release 5 definisce due schemi di *2Tx diversity* (che usano, cioè, due antenne) per la trasmissione su HS-DSCH:
  - open loop Space Time Transmit Diversity (STTD)
  - closed loop Mode 1.
- ✓ Schemi di diversità in trasmissione con più di due antenne sono previsti in future release di 3GPP.

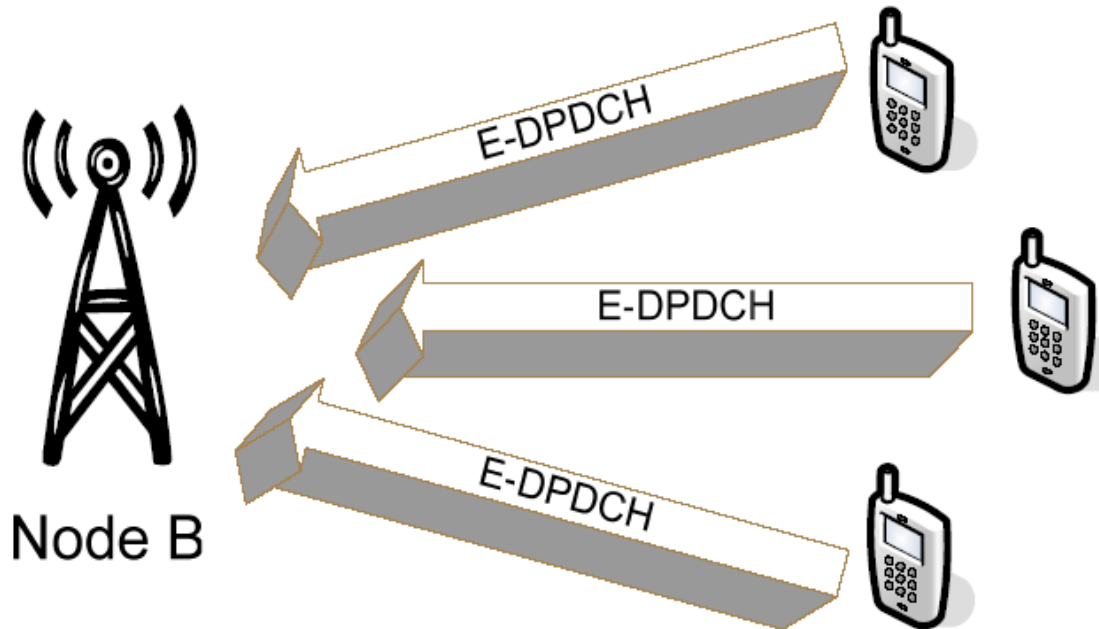


## La fase 2 di HSDPA (MIMO)

- ✓ I sistemi MIMO usano antenne multiple sia lato trasmissione che lato ricezione.
- ✓ Di solito applicano spatial multiplexing: gli stream di dati da trasmettere sono suddivisi per esempio in due stream (ciascuna a bit rate dimezzato rispetto all'originale) e questi stream sono trasmessi tramite diverse antenne usando lo stesso codice di canalizzazione.
- ✓ Per ricevere correttamente tali stream multiplati spazialmente, di solito è necessario disporre di multiple receive (Rx) antennas e strutture di ricezione che usano tecniche di cancellazione delle interferenze.
- ✓ Spatial multiplexing ha la capacità di aumentare le velocità di picco aumentando il numero delle antenne in trasmissione.
- ✓ In prima approssimazione, l'aumento è lineare ; per esempio peak data rates fino a circa 20 Mbit/s sono ottenibili per HSDPA utilizzando uno schema 2Tx/2Rx MIMO (16QAM, 15 codici, 30 stream, code rate 3/4).

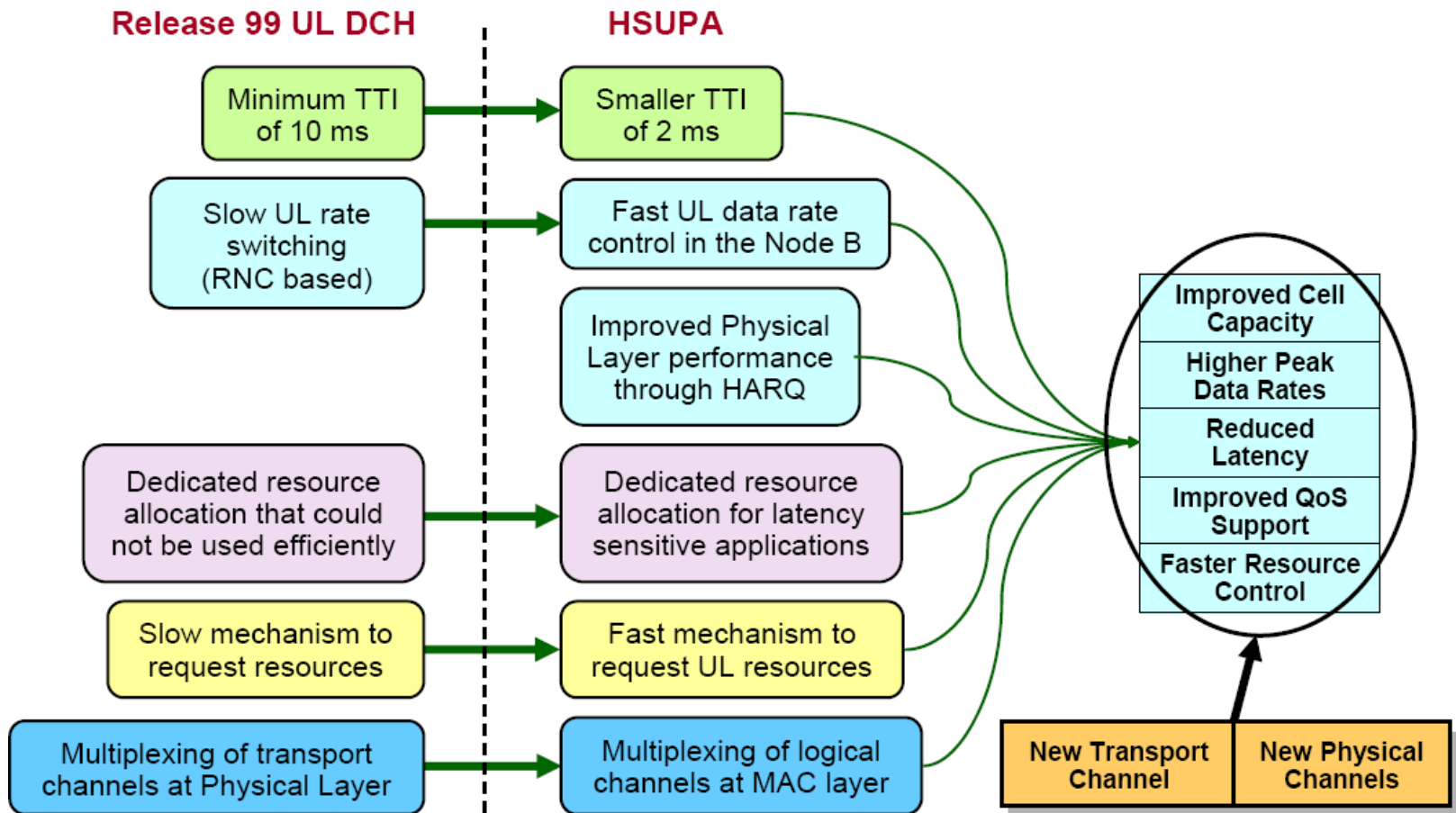
# High Speed Uplink Packet Access (HSUPA)

- ✓ In uplink del Node B è aggiunto un insieme di canali ad alta velocità
- ✓ Diversi utenti possono essere autorizzati a trasmettere ad un dato data rate e una data potenza tramite *scheduling veloce*

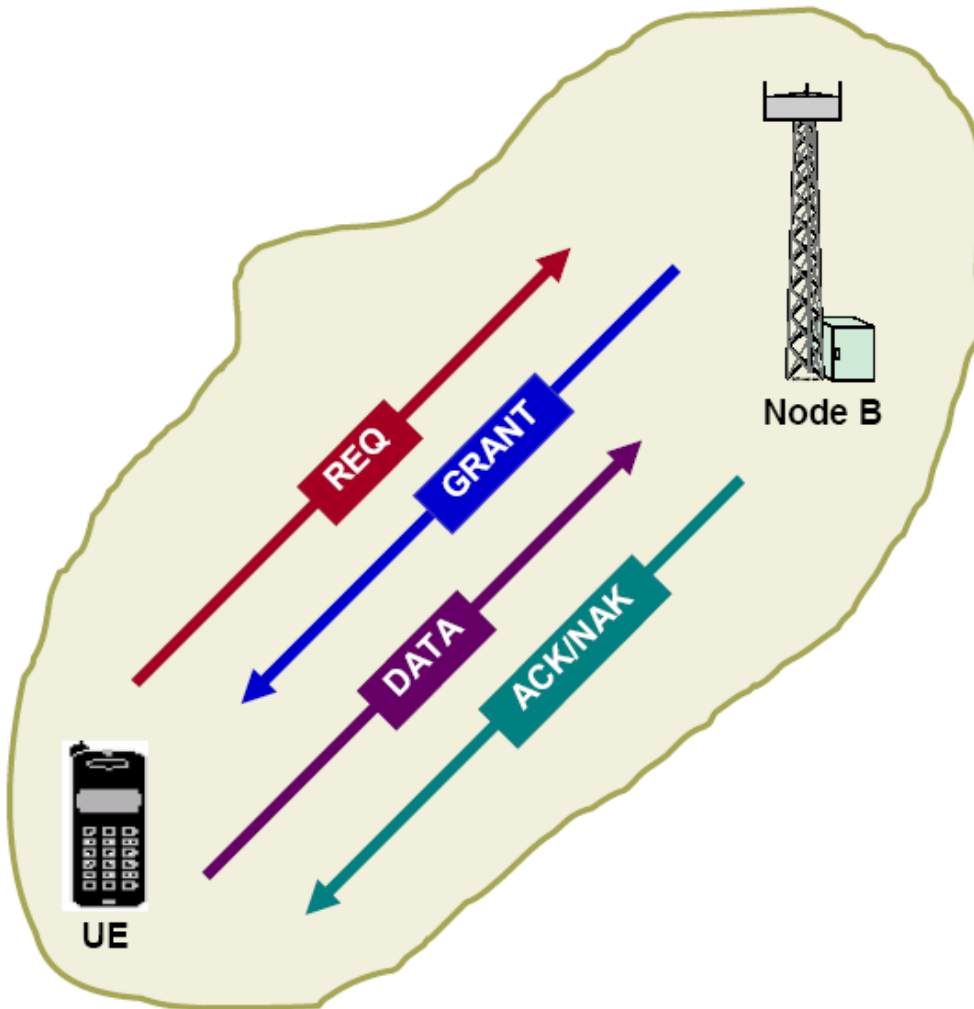




# Come HSUPA migliora le performance

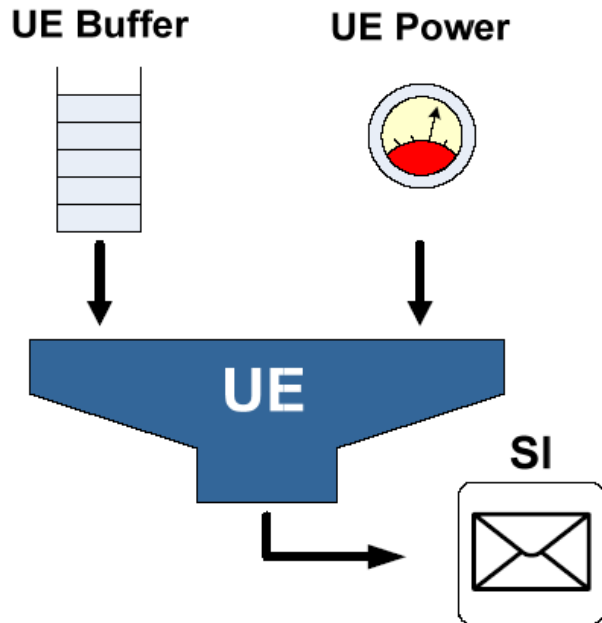


# Operazioni di canale in HSUPA



1. L'UE manda una **Transmission Request** al Node B per ricevere risorse.
2. Il Node B risponde all'UE con un **Grant Assignment**, allocando banda in Uplink
3. L'UE usa il grant per selezionare il formato di trasporto più appropriato per effettuare una **Data Transmission** al Node B.
4. Il Node B tenta di decodificare i dati e manda un **ACK/NAK** all'UE. Nel caso di NAK il dato può essere ritrasmesso.

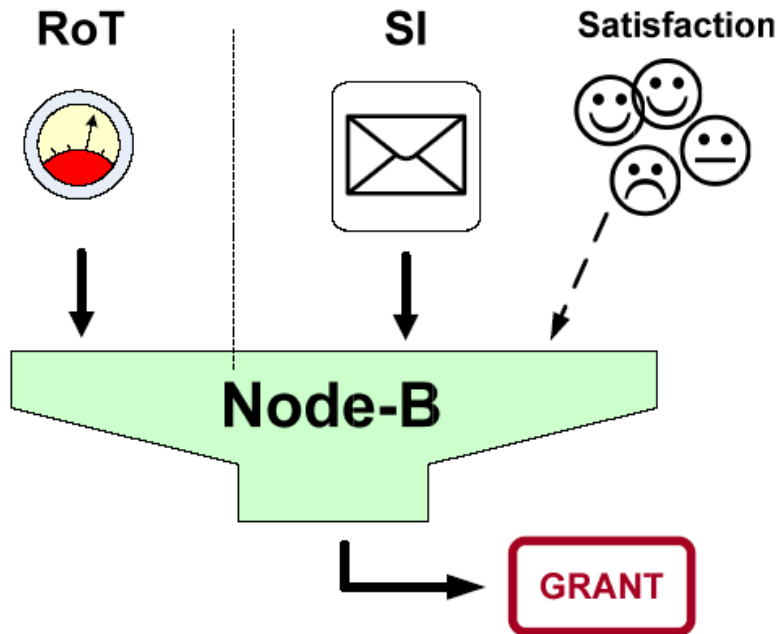
# Operazioni di canale in HSUPA



## 1. Transmission Request

- L'UE richiede la trasmissione dei dati tramite Scheduling Information (SI),
- Le SI sono determinate in base alla Potenza dell'UE e alla disponibilità di Buffer Data
- Le SI sono mandate al Node B in modalità in-band

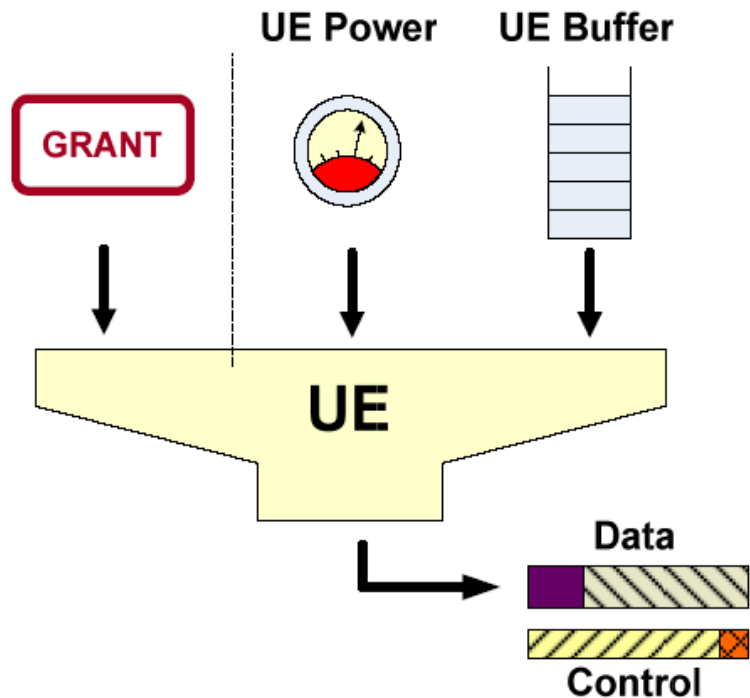
# Operazioni di canale in HSUPA



## 2. Grant Assignment

- Il Node B determina l'UE Grant monitorando l'interferenza in Uplink (RoT, rise over thermal, al ricevitore), e considerando le richieste dell'UE e il livello di soddisfazione
- Il grant e' poi segnalato all'UE tramite nuovi canali di grant.

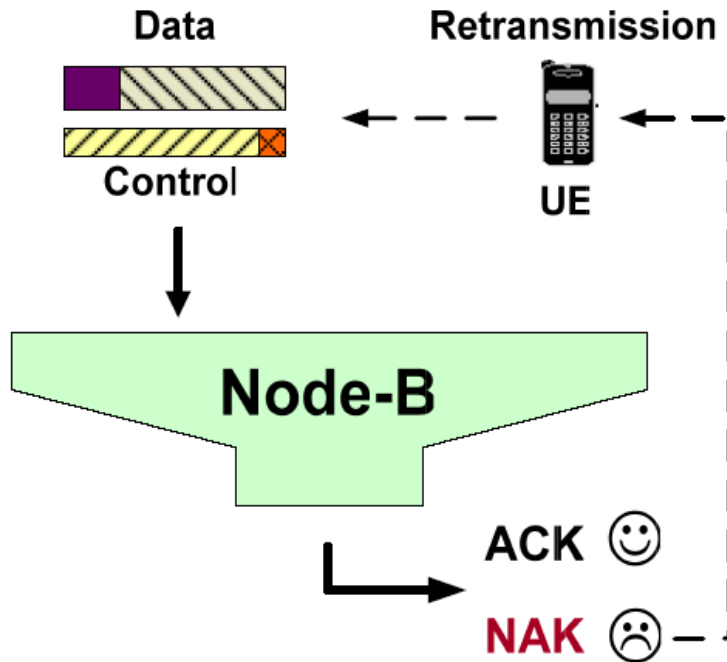
# Operazioni di canale in HSUPA



## 3. Data Transmission

- L' UE usa il grant ricevuto e, in base alla propria potenza e alla disponibilità di dati, seleziona il Transport Format dell' E-DCH e il corrispondente Transmit Power.
- I dati sono quindi trasmessi dall' UE insieme alle relative informazioni di controllo.

# Operazioni di canale in HSUPA

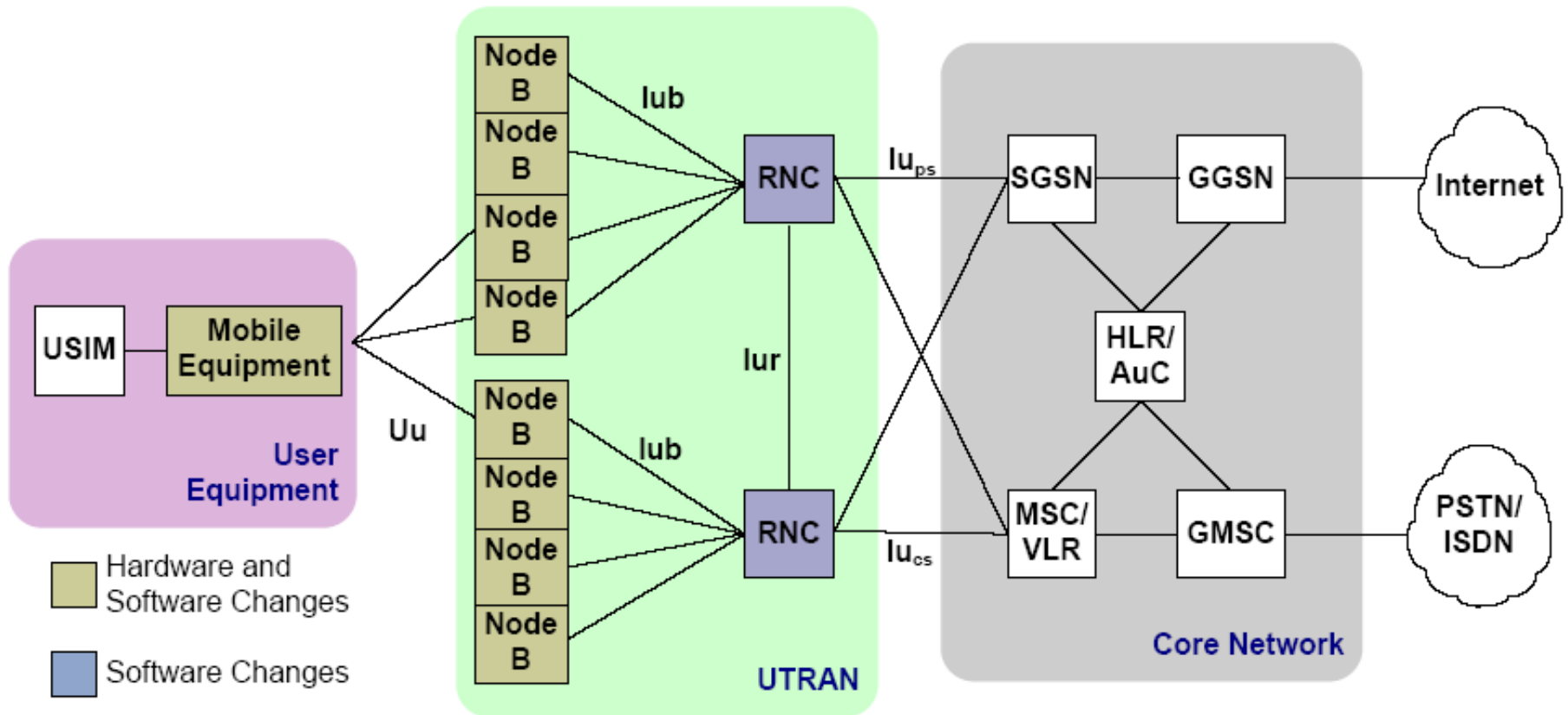


## 4. Data Acknowledgment

- Il Node B tenta di decodificare i dati ricevuti ed indica all'UE tramite un ACK/NAK se ha avuto successo.
- Se nessun ACK e' ricevuto dall'UE il dato puo' essere ritrasmesso.

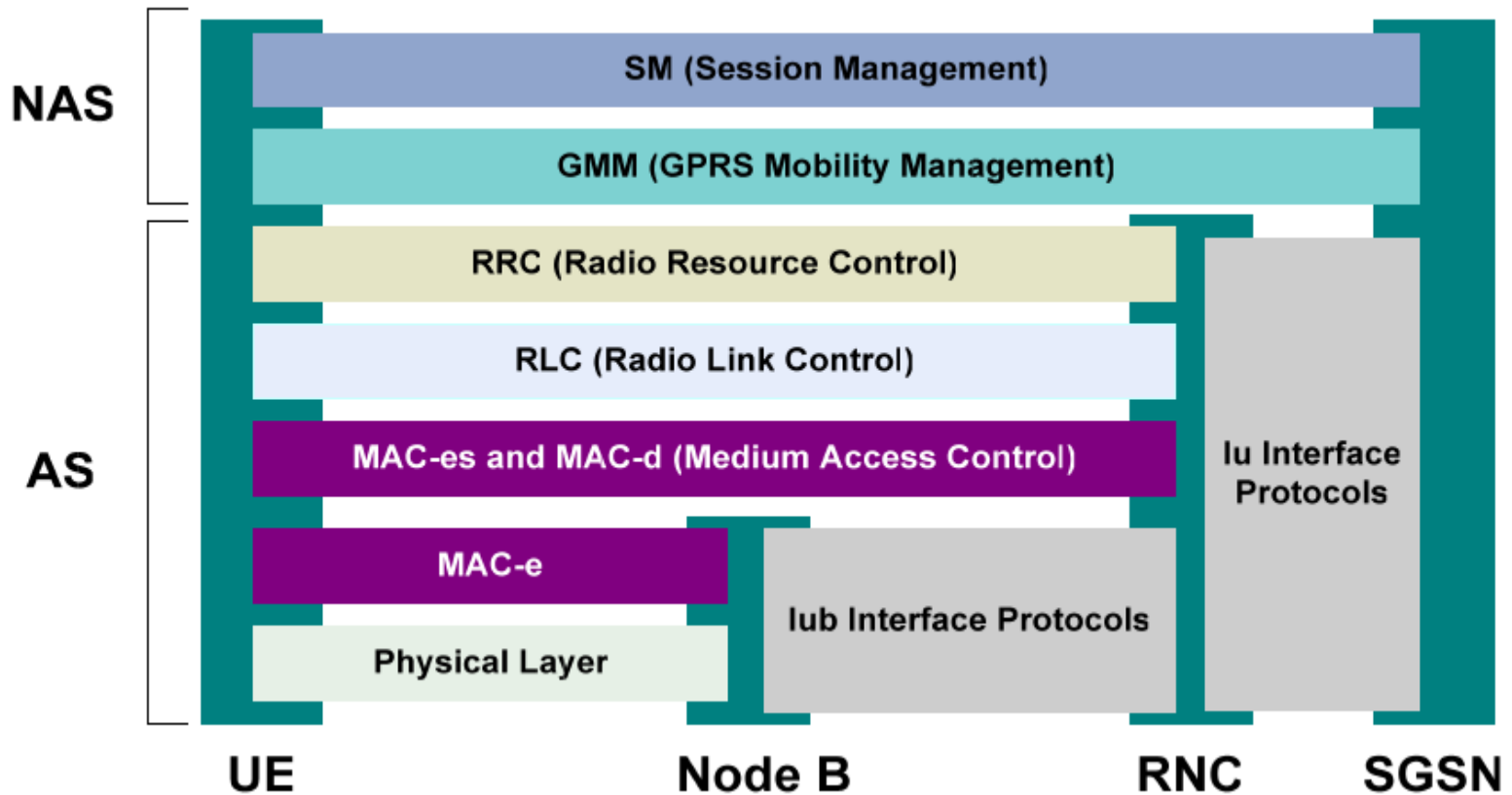


# Architettura UMTS con HSUPA





# Stack protocollare di HSUPA





# Nuovi canali di uplink di HSUPA

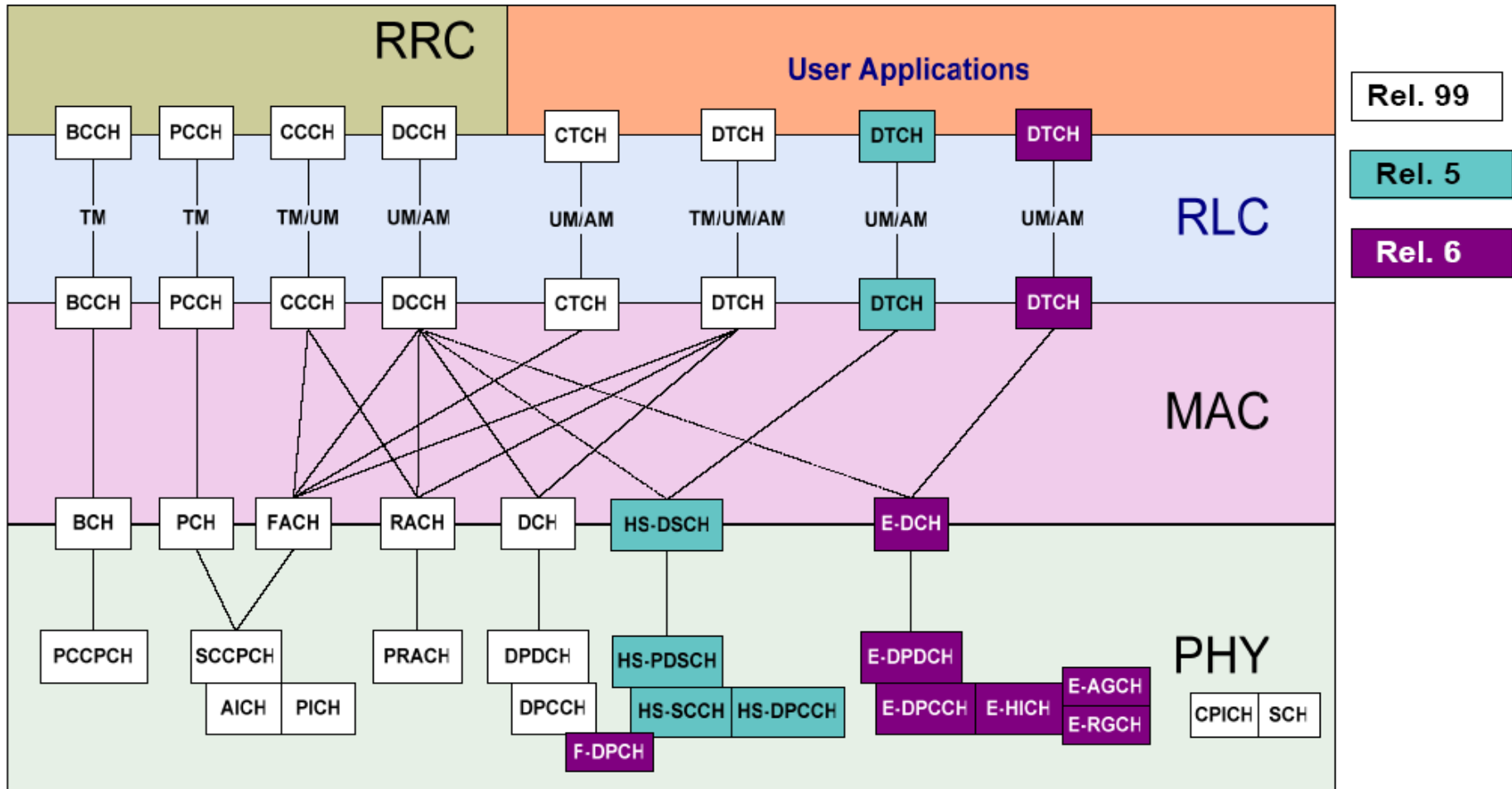
- ✓ Enhanced Uplink Dedicated Channel (E-DCH)
  - Uplink Transport Channel
- ✓ E-DCH Dedicated Physical Data Channel (E-DPDCH)
  - Uplink Physical Channel
- ✓ E-DCH Dedicated Physical Control Channel (E-DPCCH)
  - Uplink Control Channel

# Nuovi canali di downlink di HSUPA

- ✓ E-DCH Hybrid ARQ Indicator Channel (E-HICH)
  - Downlink Physical Channel
- ✓ E-DCH Absolute Grant Channel (E-AGCH)
  - Downlink Physical Channel
- ✓ E-DCH Relative Grant Channel (E-RGCH)
  - Downlink Physical Channel



# Mappatura dei Canali HSUPA

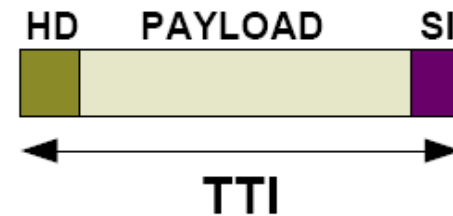




# Formato canali HSUPA in uplink

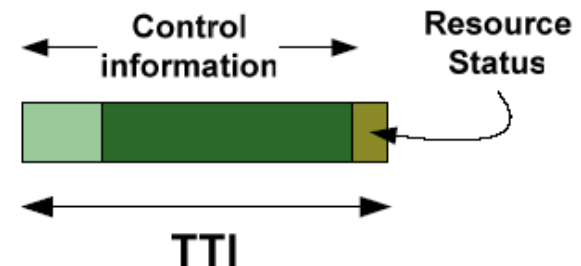
## E-DPDCH

- Carries the payload.
- May include a scheduling request from UE to Node B.



## E-DPCCH

- Carries control information required to decode the payload carried by E-DPDCH.
- Carries an indication from UE to indicate to the Node B whether the assigned resources are adequate.

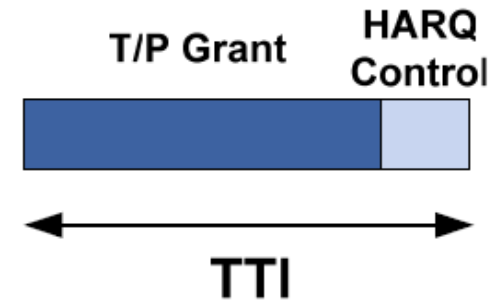




# Formato canali HSUPA in downlink

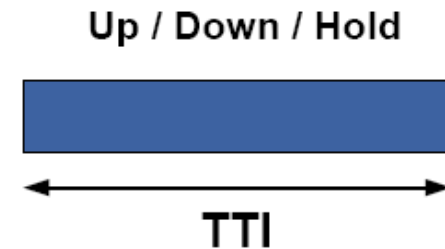
## E-AGCH

- The absolute grant carries maximum allowed E-DPDCH/DPCCH ratio.
- Carries information that controls HARQ process.



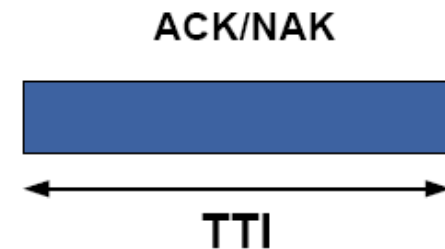
## E-RGCH

- The relative grant carries a simple command to increase (UP), Decrease (DOWN), or keep (HOLD) the current grant.



## E-HICH

- Gives feedback to the UE about previous data transmission, carrying Acknowledge (ACK) or Not Acknowledge (NAK).





# Caratteristiche generali degli E-DCH

- ✓ I miglioramenti sugli Enhanced Dedicated Channel (E-DCH) in uplink sono i seguenti:
  - una **rapida assegnazione adattativa** che consente al Node B di individuare quando e a quale ritmo i singoli UE possono trasmettere;
  - un **veloce Hybrid-ARQ con soft-combining**, con conseguente riduzione del ritardo di ritrasmissione;
  - un **breve TTI di 2 ms**, che può essere usato in **aggiunta** a quello di base uguale a **10 ms**, con il risultato di ridurre i ritardi di trasferimento.



# Trasporto fisico degli E-DCH

- ✓ L'informazione di utente nel E-DCH è trasportata dal canale fisico E-DPDCH, mentre la relativa informazione di controllo è affidata all'E-DPCCH.
- ✓ L'asse temporale degli E-DCH è strutturato, oltre che in trame della durata 10 ms, anche in 5 sotto-trame, ciascuna delle quali è suddivisa in 3 IT e ha durata di 2 ms.



# Trasporto fisico degli E-DCH

- ✓ Il ritmo binario dell'informazione affidata all'E-DCH si può conseguire utilizzando uno o più E-DPDCH; il massimo ritmo binario si consegue con il parallelo di 4 E-DPDCH;
- ✓ In questo caso due codici possono avere  $SF = 2$ , mentre per gli altri due si pone  $SF = 4$ : in queste condizioni, con un ritmo di codifica unitario, si può ottenere un ritmo binario di picco uguale a 5,760 Mbit/s



# Estensioni HSPA

- ✓ **Evolved High Speed Packet Access (HSPA+)**
  - 84 Mbit/s in downlink e 10.8 Mbit/s in uplink (per portanti da 5 MHz) con 2x2 MIMO e 64 QAM
- ✓ **Dual-carrier HSDPA (DC-HSDPA) e HSUPA (DC-HSUPA)**
  - Connessione a due celle simultaneamente dunque in teoria 2 X HSPA+
- ✓ **Multi-carrier HSPA (MC-HSPA)**
  - Fino a 672 Mbit/s con OFDM