Sistemi Operativi
Da Unix a GNU/Linux (parte 2)

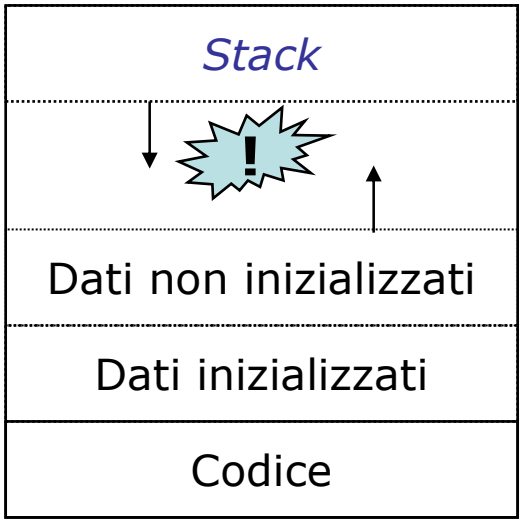
Docente: Claudio E. Palazzi

cpalazzi@math.unipd.it

Crediti per queste slides al Prof. Tullio Vardanega

Gestione della memoria – 1

- Massima semplicità per massima portabilità su architetture fisiche diverse
- Ogni processo possiede un proprio spazio di indirizzamento privato (**memoria virtuale**)
  - Suddiviso in 4 sezioni



Pila dei contesti, dimensione variabile, R/W

Block Storage Segment

Data segment

} dimensione variabile, R/W

Text segment, dimensione fissa, R

Gestione della memoria – 2

- Il segmento dati varia in dimensione a seconda delle attività del programma (cf. `malloc()` di C)
  - POSIX **non** definisce queste chiamate di sistema
  - Una parte del segmento dati può ospitare *file* mappati in memoria
- Il segmento *stack* contiene l'ambiente d'esecuzione corrente (*record* di attivazione) e cresce in direzione **opposta** al segmento dati
- Il segmento codice può essere condiviso tra più processi
  - Ma **non gli altri** segmenti tranne che per processi duplicati da `fork()` fintanto che non vengono modificati
  - contiene linguaggio macchina (da compilazione)

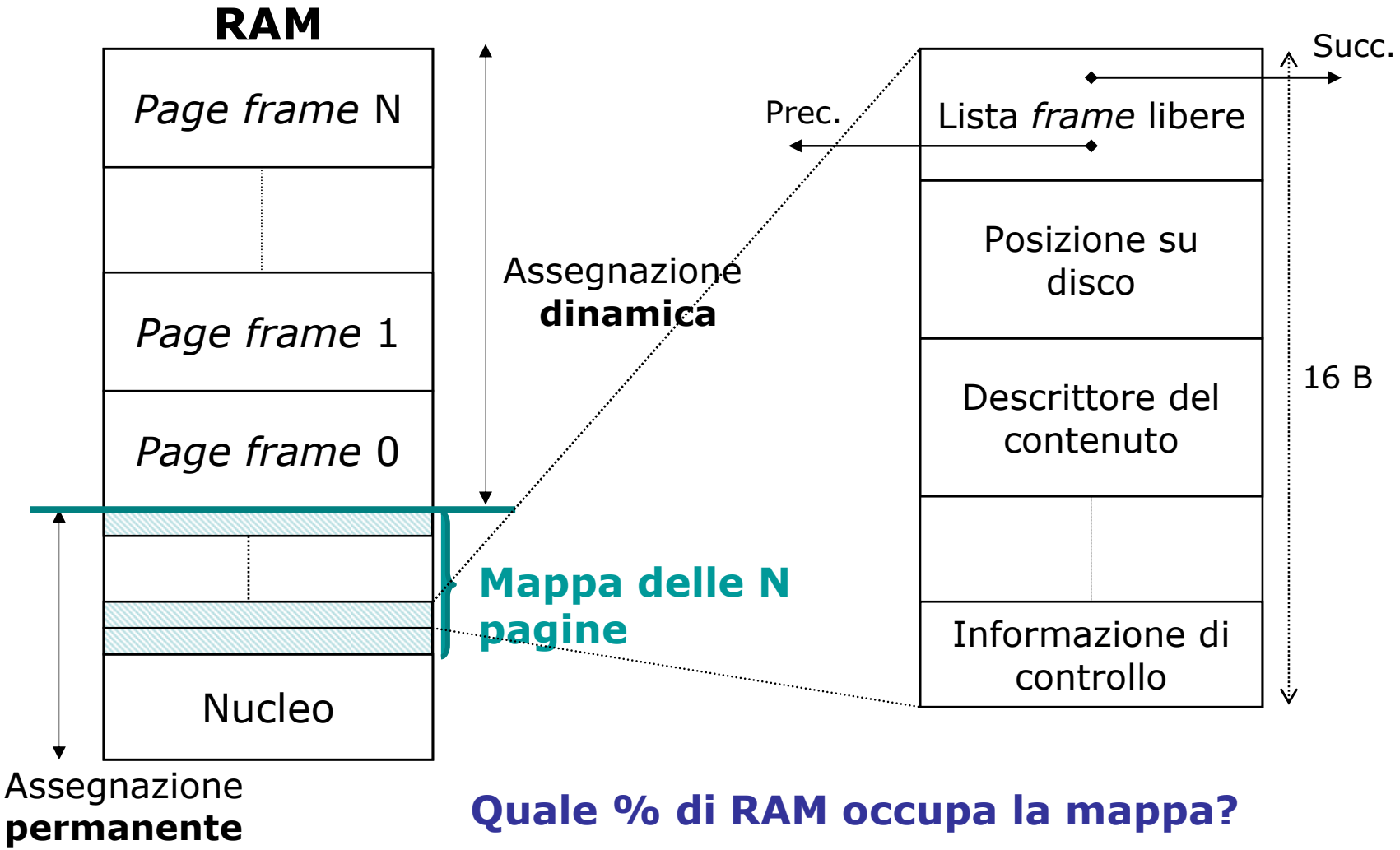
Gestione della memoria (UNIX) – 3

- In origine l'allocazione di memoria principale avveniva mediante ***swap*** di processi
  - Rimpiazzo di interi processi quando una particolare esecuzione rilevava mancanza di memoria
    - A seguito di `fork()`
    - A causa di allocazione esplicita richiesta dal programma
    - Per allocazione implicita conseguente a chiamata di procedura
  - Il gestore (***swapper***) creava lo spazio necessario salvando su disco i processi sospesi con più tempo d'esecuzione recente e minor priorità

Gestione della memoria (UNIX) – 4

- In seguito, fu introdotta paginazione con modalità **a richiesta** (***paging on demand***)
  - Un processo è eseguibile se il suo descrittore e la sua tabella delle pagine si trovano in RAM
    - Il suo spazio di indirizzamento è caricato da disco per ogni riferimento che richiede dati non presenti in RAM
    - Nessun caricamento anticipato di pagine
      - No *working set*
  - Il processo "2" gestisce lo stato dei *page frame* in RAM
    - *Page daemon*
    - Tenendo nucleo di S/O e "mappa delle pagine" (*core map*) **sempre** in RAM
    - Il resto è paginato e ciascuna *page frame* indica il proprio uso
      - Codice, dati, *stack*, tabella delle pagine (altrimenti in lista pagine libere)

Mappa delle pagine (*core map*)

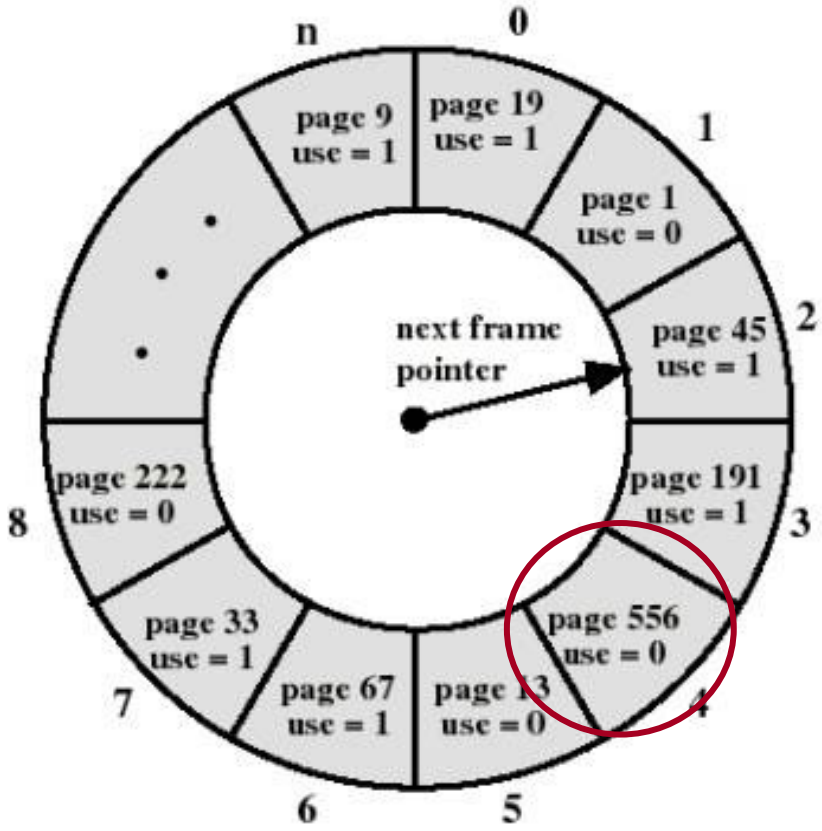


Quale % di RAM occupa la mappa?

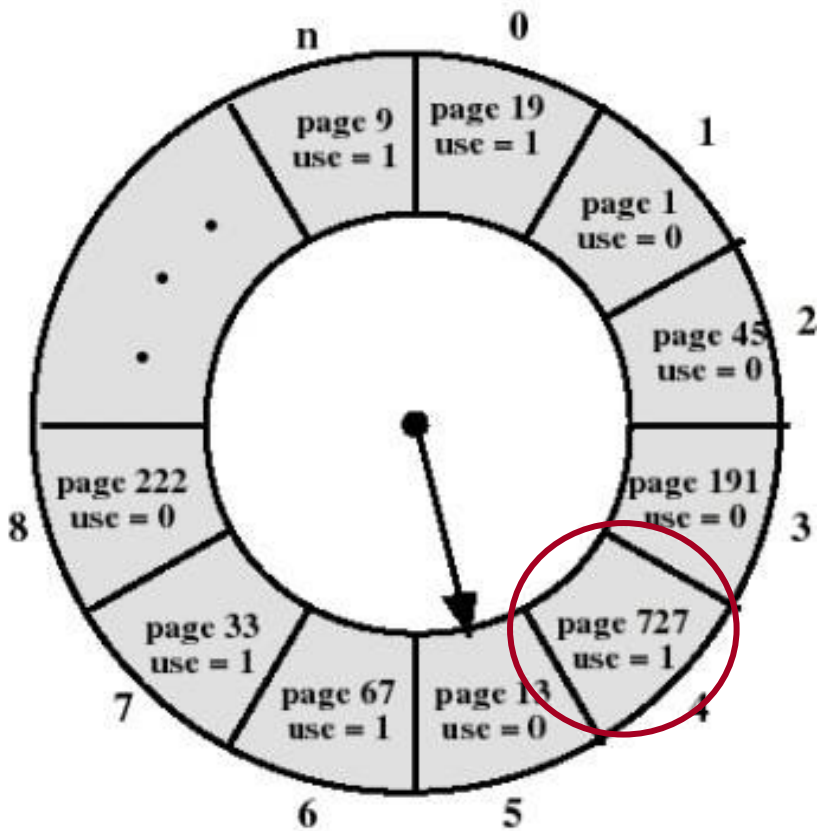
Gestione della memoria (UNIX) – 5

- *Page daemon* verifica con periodico 1/4 s che in RAM vi siano ≥ `lotsfree` pagine libere
  - Se ne mancano ne libera quante ne servono salvandone il contenuto corrente su un'area di disco specifica per pagina
  - La selezione delle pagine in uscita usa un algoritmo "**a doppia passata**"
    - ***Two-handed clock algorithm***
    - Lista circolare delle pagine
    - La 1ª passata pone a 0 il *bit* di riferimento
    - La 2ª passata, a distanza **programmabile**, rimuove le pagine nel frattempo non riferite (*bit* vale 1 altrimenti)

Orologio a una passata



(a) State of buffer just prior to a page replacement



(b) State of buffer just after the next page replacement

Gestione della memoria (UNIX) – 6

- Se vi è spazio libero il *page daemon* riporta in RAM processi pronti selezionati con una euristica di “valore”
  - Caricando solo il descrittore di processo e la sua tabella delle pagine
    - Lasciando che il resto sia caricato via *paging on demand*

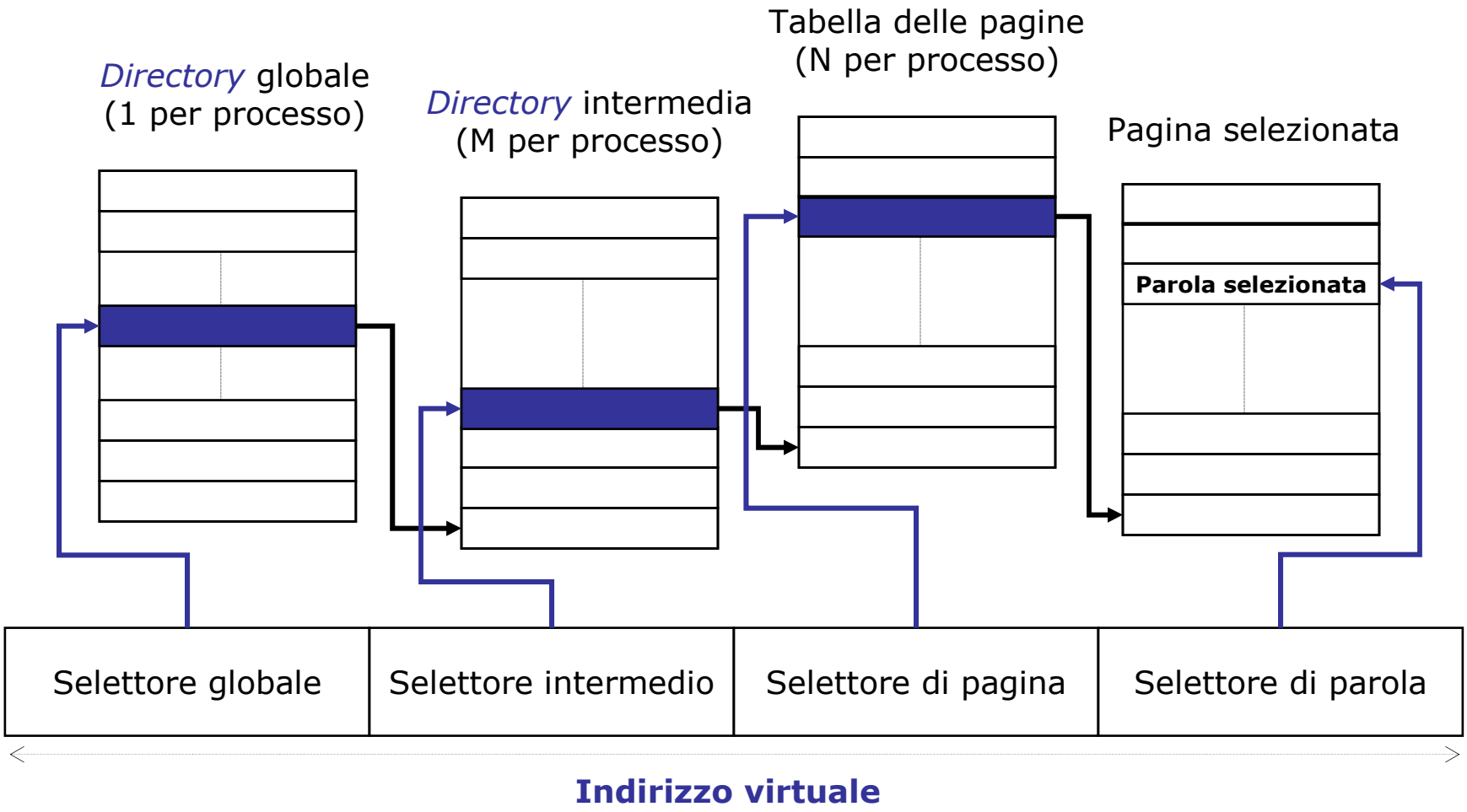
Gestione della memoria (GNU/Linux) – 6

- Per architetture a 32 *bit* la memoria virtuale di processo è ampia 4 GB
  - 1 GB riservato e invisibile al modo operativo normale (*user mode*) per la tabella delle pagine del processo e per altri dati di controllo a uso del nucleo
- Spazio suddiviso in **regioni** = **sequenze contigue** di pagine
  - Le regioni non sono necessariamente **consecutive** tra loro
- Ogni regione ha un descrittore noto al nucleo

Gestione della memoria (GNU/Linux) – 7

- La `fork()` di GNU/Linux replica per il figlio l'intera lista di descrittori del padre
- Le pagine del figlio sono fisicamente duplicate **solo** in caso di modifica (***copy on write***)
  - La regione è marcata **R/W**
  - Le sue pagine dati sono inizialmente marcate **R**
  - Ogni richiesta di scrittura causa eccezione così il nucleo duplica la pagina richiesta e marca la copia come **R/W**

Gestione della memoria (GNU/Linux) – 8



Gestione della memoria (GNU/Linux) – 9

- Il nucleo rimane **sempre** in RAM
  - Di dimensione **variabile** a causa del caricamento **dinamico** di moduli di gestione dispositivi
- Ad ogni istante nella RAM rimanente possono trovarsi:
  - Le pagine attive dei processi utente
  - Una *cache* di blocchi di *file* usata dal *file system*
    - Dimensione **variabile** organizzata per pagine
  - Un insieme di pagine utente inattive ma presenti
- **`kswapd`** è il *page daemon* (periodo 1 s) che cerca pagine da spostare su disco
- Il *daemon* **`bdflush`** gestisce la riscrittura delle pagine modificate

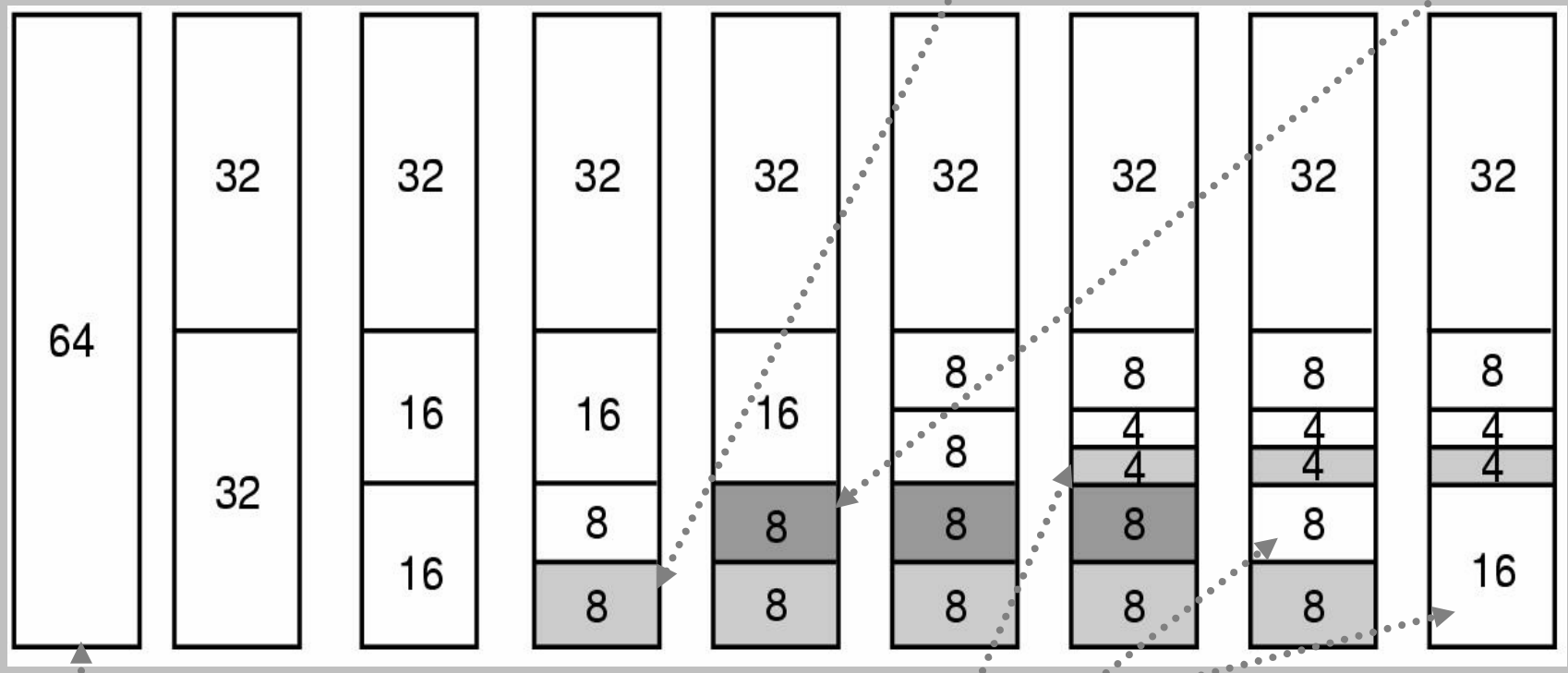
Gestione della memoria (GNU/Linux) – 10

- **La RAM è allocata in maniera dinamica e variabile**
- **Algoritmo di allocazione primario** (*buddy*)
  - Ogni richiesta di ampiezza N è arrotondata a $2^n \geq N$
  - La memoria disponibile viene frazionata in metà successive fino a frazioni di ampiezza 2^n
    - Una singola frazione viene assegnata al richiedente
    - Una struttura ausiliaria contiene la testa di liste predefinite di frazioni di ampiezza 2^i (i=0, …, n) per velocizzare la ricerca
  - La memoria disponibile usata per l'allocazione è sempre la frazione libera di minore dimensione
  - Al rilascio ogni frazione tornata libera si unisce con la frazione vicina se libera (il suo *buddy*)
  - algoritmi sussidiari cercano di ridurre la frammentazione causata dall'algoritmo primario
    - Strutture ***slab*** per evitare di usare 128 pagine per allocarne 65

Funzionamento del *buddy algorithm*

3. Richiesta di **5** pagine → allocazione di 2^3=**8**

2. Richiesta di **6** pagine contigue → allocazione di 2^3=**8**



4. Richiesta di **4** pagine → allocazione di 2^2=**4**

1. Inizialmente un unico insieme contiguo di 64 pagine

5-6. Rilascio e ricompattazione

Gestione dell'I/O – 1

- UNIX tratta i dispositivi di I/O come *file* di tipo speciale, ciascun con posizione specifica nel FS
  - Per esempio **`/dev/…`**

- Un gestore (*device driver*) è associato in modo esclusivo a ciascun dispositivo o a famiglia di dispositivi dello stesso tipo
  - Una coppia di indici <`maggiore, minore`> identifica precisamente ciascun dispositivo di I/O
    - Maggiore: tipologia
    - Minore: specifico di quel dispositivo

Gestione dell'I/O – 2

- GNU/Linux consente invece caricamento **dinamico** dei moduli di gestione dei dispositivi
  - Soluzione molto preferibile alla configurazione statica che richiede ogni volta una nuova compilazione dell'intero nucleo
    - Inevitabile a fronte della grande varietà di *hardware* attuale
- Il caricamento dinamico richiede al nucleo di effettuare diverse azioni di configurazione
  - **[1]** Rilocazione dello spazio di indirizzamento del modulo
  - **[1-2]** Allocazione delle risorse necessarie
    - P. es.: interruzione assegnata al dispositivo
  - **[2]** Configurazione del vettore delle interruzioni
  - **[2]** Attivazione e inizializzazione del gestore

Gestione dell'I/O – 3

- Un *file* speciale (detto *socket*) viene utilizzato per la connessione di rete e i relativi protocolli
  - Può essere creato e distrutto dinamicamente
  - Un *socket* è associato a uno specifico indirizzo di rete
- Tre tipi di connessione con scelta alla creazione
  - Connessione affidabile a flusso di caratteri (~ **TCP**)
    - Il gestore garantisce la correttezza della trasmissione
    - Invio e ricezione per blocchi di dimensione variabile
  - Connessione affidabile a flusso di pacchetti (**TCP**)
    - Come sopra, ma con invio e ricezione solo per pacchetti
  - Trasmissione inaffidabile di pacchetti (**UDP**)
    - L'utente deve occuparsi di trattare gli eventuali errori