

# Architettura dei Calcolatori e Sistemi Operativi

## File System

---

*Chair*

**Politecnico di Milano**

**Prof. C. Brandolese**

e-mail: [carlo.brandolese@polimi.it](mailto:carlo.brandolese@polimi.it)

phone: +39 02 2399 3492

web: [home.dei.polimi.it/brandolese](http://home.dei.polimi.it/brandolese)

---

*Teaching Assistant*

**A. Canidio**

e-mail: [andrea.canidio@mail.polimi.it](mailto:andrea.canidio@mail.polimi.it)

material: [github.com/acanidio/polimi\\_cr\\_acso\\_2018](https://github.com/acanidio/polimi_cr_acso_2018)

# Outline

---

- **Filesystem**
  - Accesso al filesystem
  - Schemi di allocazione
    - Allocazione contigua
    - Allocazione concatenata
    - Allocazione indicizzata
  - Accessi sequenziali / accessi casuali

# Accesso al File system

## ■ Esercizio 1

Si supponga di disporre di un computer con sistema operativo linux e che si voglia accedere ad un file attraverso il seguente path:

/etc/config/mydir/myfile

1. Indicare la sequenza di accessi agli i-node e ai blocchi

La struttura del file system è riportata nel seguente riquadro, secondo una notazione semplificata tale per cui gli i-node sono rappresentati da una tripla <i-node, tipo file, {blocchi}>, mentre i blocchi da una coppia <i-node, nome\_file>.

```
I-node list: <0,dir,1>, <4,dir,12>, <11,dir,19>, <21,dir,13>, <40,norm,{51,52,53}>

Blocco 1: ... <4,etc> ...
Blocco 12: ...<11,config>...
Blocco 13:...<40,myfile>...
Blocco 19:...<21,mydir>...
Blocco 51: BLOCC01_myfile
Blocco 52: BLOCC02_myfile
Blocco 53: BLOCC03_myfile
```

Soluzione –sequenza accessi

➔

I-node 0	Blocco 1	I-node 4	Blocco 12	I-node 11	Blocco 19	I-node 21	Blocco 13	I-node 40	Blk 51	Blk 52	Blk 53
<0,dir,1>	... <4,etc> ...	<4,dir,12>	.... <11,config> ....	<11,dir,19>	.... <21,mydir> ....	<21,dir,13>	.... <40,myfile> ....	<40, norm, {51,52,53}>	my file 1	my file 2	my file 3

# Accesso al File system

2. Si supponga di essere nella directory “mydir” e di digitare il seguente comando:

```
ln myfile newfile
```

- Che tipo di link viene stabilito tra newfile e myfile?

**hard-link**

- Viene creato un i-node per newfile?

**No, un hard link ha lo stesso inode del file target, in questo caso di myfile. Inoltre, il link number dell'i-node viene incrementato**

- Come cambia lo stato del file system rispetto al punto 1?

```
I-node list: <0,dir,1>, <4,dir,12>, <11,dir,19>, <21,dir,13>, <40,norm,{51,52,53}>
```

```
Blocco 1: ... <4,etc> ...
```

```
Blocco 12: ...<11,config>...
```

```
Blocco 13: ...<40,myfile>...
```

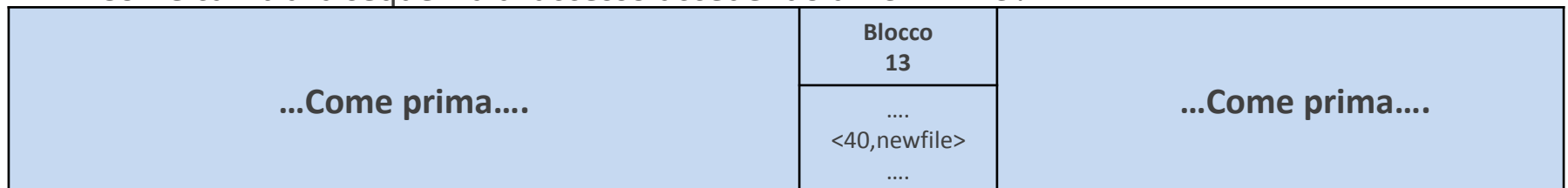
```
Blocco 19: ...<21,mydir>...
```

```
Blocco 51: BLOCCO1_myfile
```

```
Blocco 52: BLOCCO2_myfile
```

```
Blocco 53: BLOCCO3_myfile
```

- Come cambia la sequenza di accesso accedendo a newfile?



# Accesso al File system

3. Si supponga di essere nella directory “mydir” e di digitare il seguente comando:

```
ln -s myfile newfile
```

- Che tipo di link viene stabilito tra newfile e myfile?

soft-link

- Viene creato un i-node per newfile?

Si, ipotizziamo che venga creato il seguente i-node <15,norm,{57}>

- Cosa conterrà il blocco 57?

Il path completo di myfile

- Come cambia la sequenza di accesso?

I-node 0	Blocco 1	I-node 4	Blocco 12	I-node 11	Blocco 19	I-node 21	Blocco 13	I-node 15	Blk 57
<0,dir,1>	... <4,etc> ...	<4,dir,12>	.... <11,config> ....	<11,dir,19>	.... <21,mydir> ....	<21,dir,13>	.... <15,newfile> ....	<15, norm, {57}>	/etc/config/my dir/myfile

? <

I-node 0	Blocco 1	I-node 4	Blocco 12	I-node 11	Blocco 19	I-node 21	Blocco 13	I-node 40	Blk 51	Blk 52	Blk 53
<0,dir,1>	... <4,etc> ...	<4,dir,12>	.... <11,config> ....	<11,dir,19>	.... <21,mydir> ....	<21,dir,13>	.... <40,myfile> ....	<40, norm, {51,52,53}>	my file 1	my file 2	my file 3

# Allocazione Contigua

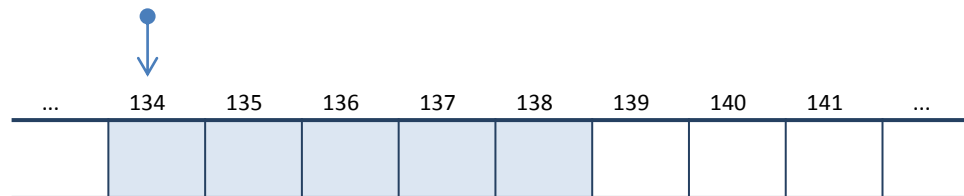
- **I blocchi di un file sono adiacenti**

- Un file di  $n$  blocchi è memorizzato nelle posizioni adiacenti  $b, b+1, \dots, b+n-2, b+n-1$
- Un descrittore deve indicare solo la coppia  $(b,n)$
- I tempi d'accesso sono contenuti poichè
  - Accesso a due blocchi successivi  $b$  e  $b+1$  raramente richiede lo spostamento della testina in quanto hanno una probabilità elevata di trovarsi sulla stessa traccia
  - L'accesso al blocco logico  $i$ -esimo comporta l'accesso diretto al blocco fisico  $b+i$

- **Problema**

- Allocazione spazio per un nuovo file

...
data (134,5)
...
...



# Allocazione Contigua

---

- **Dovendo creare un nuovo file di  $m$  blocchi**
  - E' necessario individuare una porzione di disco costituita da almeno  $m$  blocchi contigui
- **Si usano tre politiche:**
  - First-Fit
    - La prima zona, di almeno  $m$  blocchi, viene usata
  - Best-Fit
    - La zona più piccola, di almeno  $m$  blocchi, viene usata
  - Worst-Fit
    - La zona più grande, di almeno  $m$  blocchi, viene usata
- **Le tecniche migliori**
  - Sono le prime due
  - In particolare il metodo first-fit risulta più veloce
- **L'allocazione contigua**
  - Crea, nel tempo, zone inutilizzate di piccole dimensioni
  - Tali zone hanno una bassa probabilità di contenere un file
  - Questo fenomeno viene detto frammentazione esterna

# Allocazione Contigua

---

- **Una soluzione consiste nella compattazione dei dischi**
  - I file su un disco vengono letti e memorizzati temporaneamente altrove
    - Su un secondo disco, in una porzione libera del disco in esame o in memoria centrale
- **Si procede come segue**
  - Il disco originale viene cancellato
    - Completamente, o più spesso una porzione alla volta
  - I file vengono riscritti in sequenza, eliminando gli spazi vuoti
- **Questa operazione**
  - È molto costosa in termini di tempo
  - Deve essere compiuta con una certa frequenza
- **Una soluzione migliore**
  - Memorizzazione di un file in due zone differenti
  - Ogni zona formata da blocchi contigui
  - La zona aggiuntiva prende il nome di "extent"
  - Ancora necessari algoritmi per la ricerca di spazio disponibile

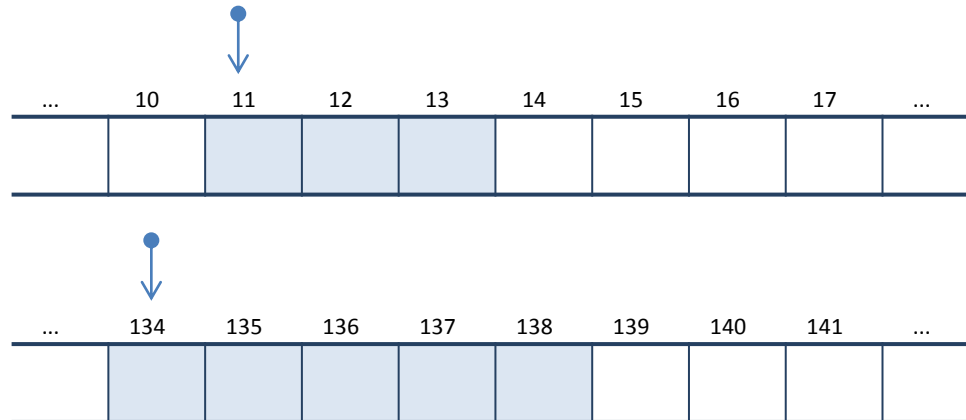


# Allocazione Contigua

- **Un descrittore di file indica (b, n1, e, n2):**

- b      base della sezione principale
- n1    dimensioni della sezione principale
- e      base dell'extent
- n2    dimensione dell'extent

...
data (134,5,11,3)
...
...



# Allocazione Concatenata

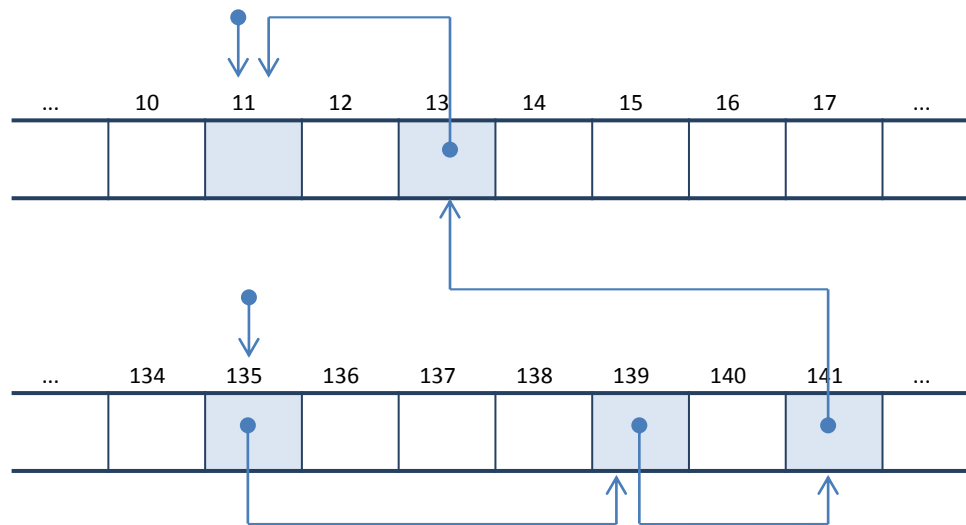
- **L'idea dell'uso di un extent**

- Può essere estesa a ad un numero maggiore di estensioni

- **In questo modo**

- Un file è costituito da una sequenza di blocchi in cui:
- Il descrittore contiene il riferimento al primo ed all'ultimo blocco
- Ogni blocco contiene
  - I dati
  - Un riferimento al blocco successivo

...
data (135,11)
...
...



# Allocazione Concatenata

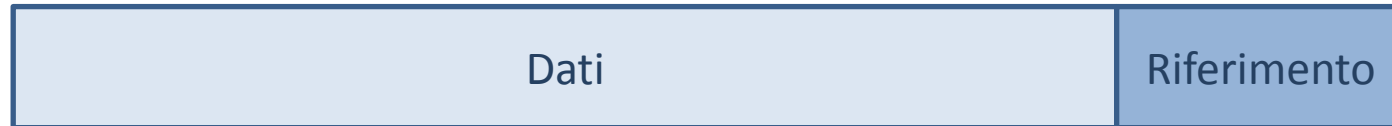
---

- **Questa soluzione**

- Risolve tutti i problemi tipici della allocazione contigua
- Non si ha frammentazione esterna

- **In ogni blocco**

- Una parte è dedicata a contenere i dati
- Una parte è dedicata a contenere un riferimento al blocco successivo



- **La memorizzazione dei riferimenti**

- Riduce lo spazio disponibile per i dati
- Consideriamo un esempio
  - Blocchi di 512 byte e riferimenti di 4 byte
  - Dimensione del disco  $512 \times 2^{32} = 2\text{Tbyte}$
  - Spreco di spazio pari allo 0.78% del disco, ovvero circa 16Gbyte

# Allocazione Concatenata

---

- **Anche questo metodo presenta alcuni svantaggi**
  - Per l'accesso casuale è necessario scorrere il file dall'inizio fino al blocco desiderato
  - L'accesso ad un file è meno efficiente
    - In generale comporta molti riposizionamenti della testina
- **Una soluzione consiste**
  - Nel raggruppare più blocchi in un "cluster"
  - Prevedere l'accesso ai tali gruppi, piuttosto che ai singoli blocchi
- **In questo modo si ha**
  - Miglioramento delle prestazioni
    - Minor numero di riposizionamenti della testina
  - Riduzione dello spazio utilizzato per i riferimenti
    - Uno per cluster invece di uno per blocco
  - Maggiore frammentazione interna
    - L'unità di allocazione è un cluster, che è più grande di un blocco
- **Questo approccio è utilizzato in molti sistemi operativi**

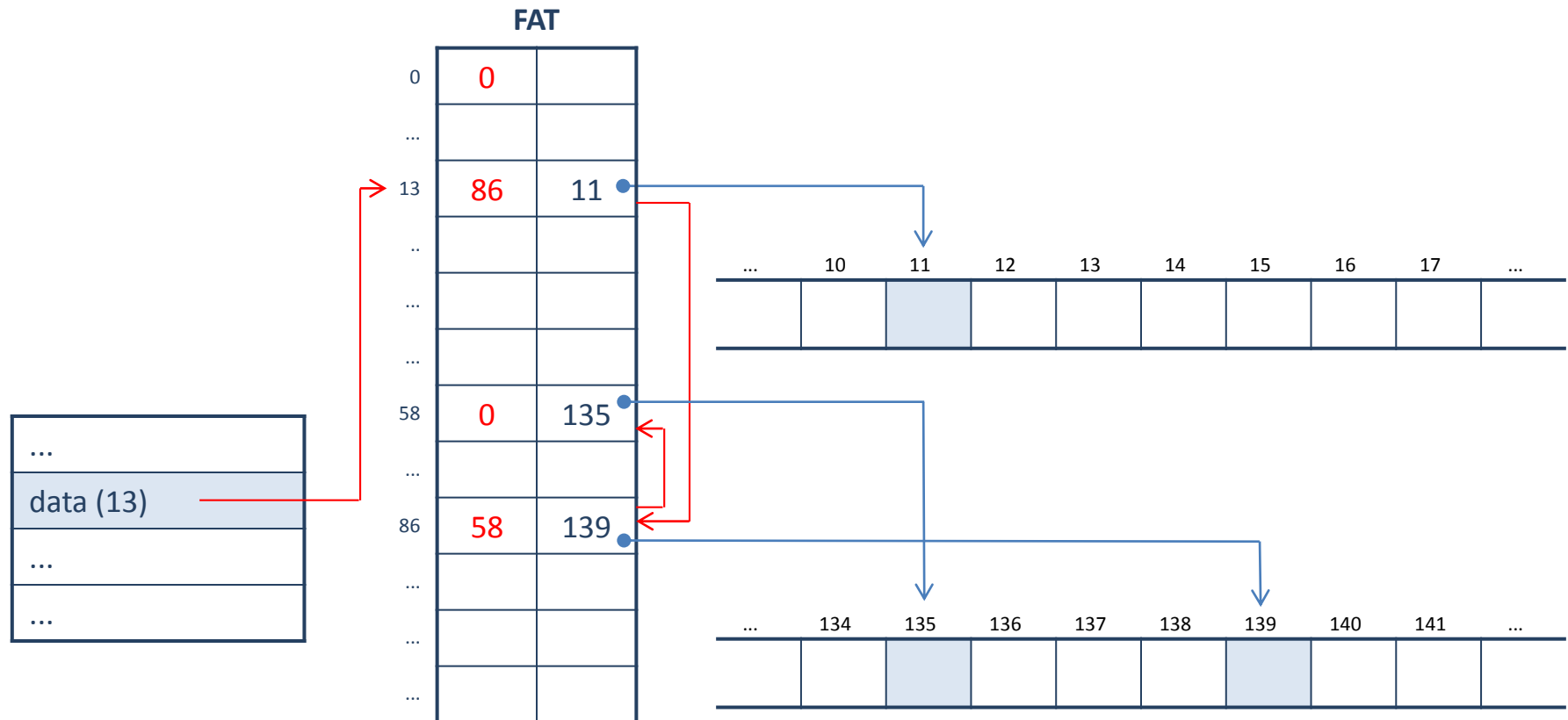
# Allocazione Concatenata

---

- **Le liste di blocchi dell'allocazione concatenata sono fragili**
  - La perdita di un solo riferimento può rendere inaccessibili grandi quantità di dati
- **Una soluzione consiste nella costruzione di un indice per ogni partizione**
  - Detto File Allocation Table o FAT
- **La FAT**
  - Contiene tanti elementi quanti sono i blocchi del disco
    - Un blocco disponibile è indicato da uno 0 nella tabella
    - L'ultimo blocco di un file è indicato da uno speciale valore EOF
  - Ogni elemento della tabella contiene l'indice dell'elemento della FAT che contiene il blocco successivo
  - La robustezza può essere facilmente aumentata mediante
    - Tecniche di codifica dei dati della FAT
    - Ridondanza
- **Questo metodo**
  - Comporta un tempo di accesso mediamente maggiore dell'allocazione concatenata
  - E' stato adottato da MS-DOS, OS/2 e diversi file system per memorie Flash

# Allocazione Concatenata

- **Utilizzando allocazione concatenata e FAT**
  - Un descrittore di file deve semplicemente indicare il numero del primo blocco del file
  - Le informazioni sulla posizione dei blocchi successivi sono contenute nella FAT



# Allocazione Indicizzata

---

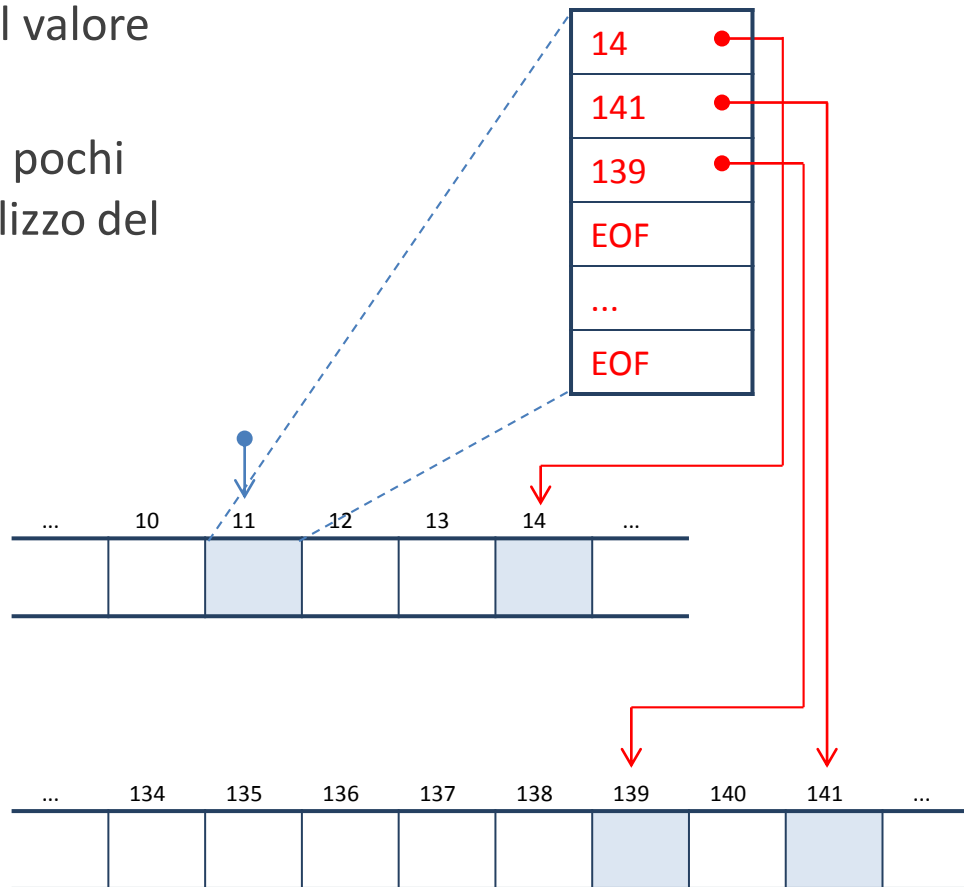
- **L'allocazione indicizzata**
  - Si basa sul raggruppamento di tutti i riferimenti
  - Risolve i problemi di scarsa efficienza della allocazione concatenata
- **I riferimenti ai blocchi di un file sono memorizzati in un unico blocco speciale**
  - Detto blocco indice
  - Il blocco indice appartiene al file stesso
- **Un blocco indice è quindi**
  - Un vettore di riferimenti ai blocchi del file
  - L'i-esimo elemento del vettore si riferisce all'i-esimo blocco del file
  - Il descrittore del file contiene il riferimento al blocco indice
- **In questo modo si ottiene**
  - Eliminazione della frammentazione esterna
  - Accesso casuale ai blocchi molto efficiente
- **Lo spazio richiesto per i riferimenti è in generale maggiore che nel caso di allocazione concatenata**
  - Per pochi riferimenti è comunque necessario un intero blocco

# Allocazione Indicizzata

## ■ Nel blocco indice

- Gli elementi che non si riferiscono a nessun blocco hanno il valore speciale "EOF"
- Se un file è costituito da pochi blocchi si ha un sottoutilizzo del blocco indice

...
data (11)
...
...





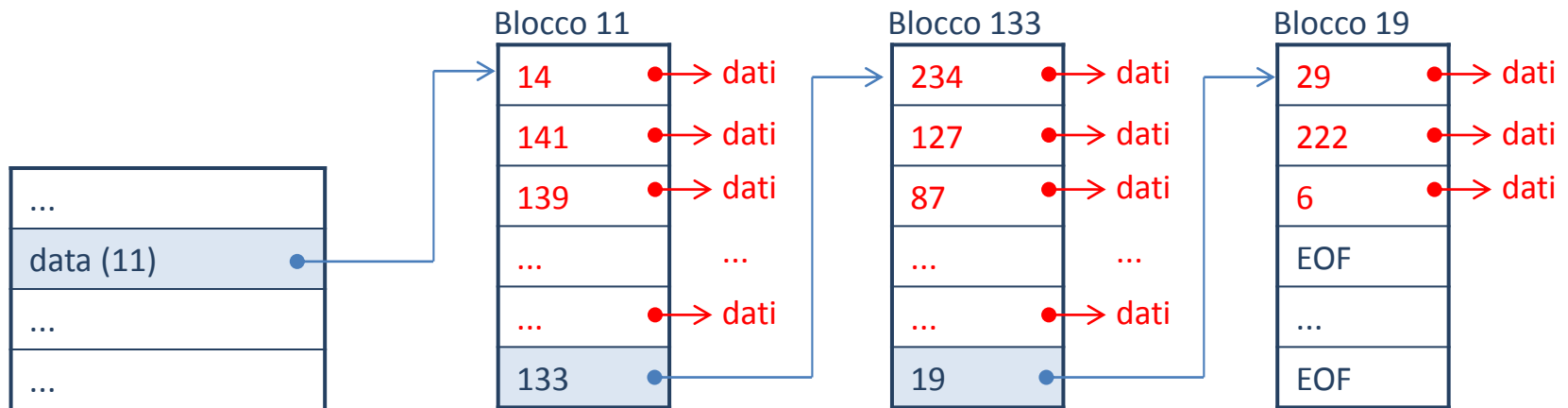
# Allocazione Indicizzata

---

- **È importante scegliere una dimensione opportuna per il blocco indice**
  - Se troppo grande
    - Viene sprecato molto spazio nel caso di file piccoli (pochi blocchi da indicizzare)
  - Se troppo piccolo
    - Non consente di trattare file di grandi dimensioni
- **In genere il blocco indice**
  - Coincide con un blocco fisico
- **Esistono tre schemi possibili per risolvere i problemi legati alla gestione di file di dimensioni molto variabile**
  - Schema concatenato
  - Schema multilivello
  - Schema combinato
- **Tutti questi metodi sono utilizzati in sistemi operativi e file system reali**

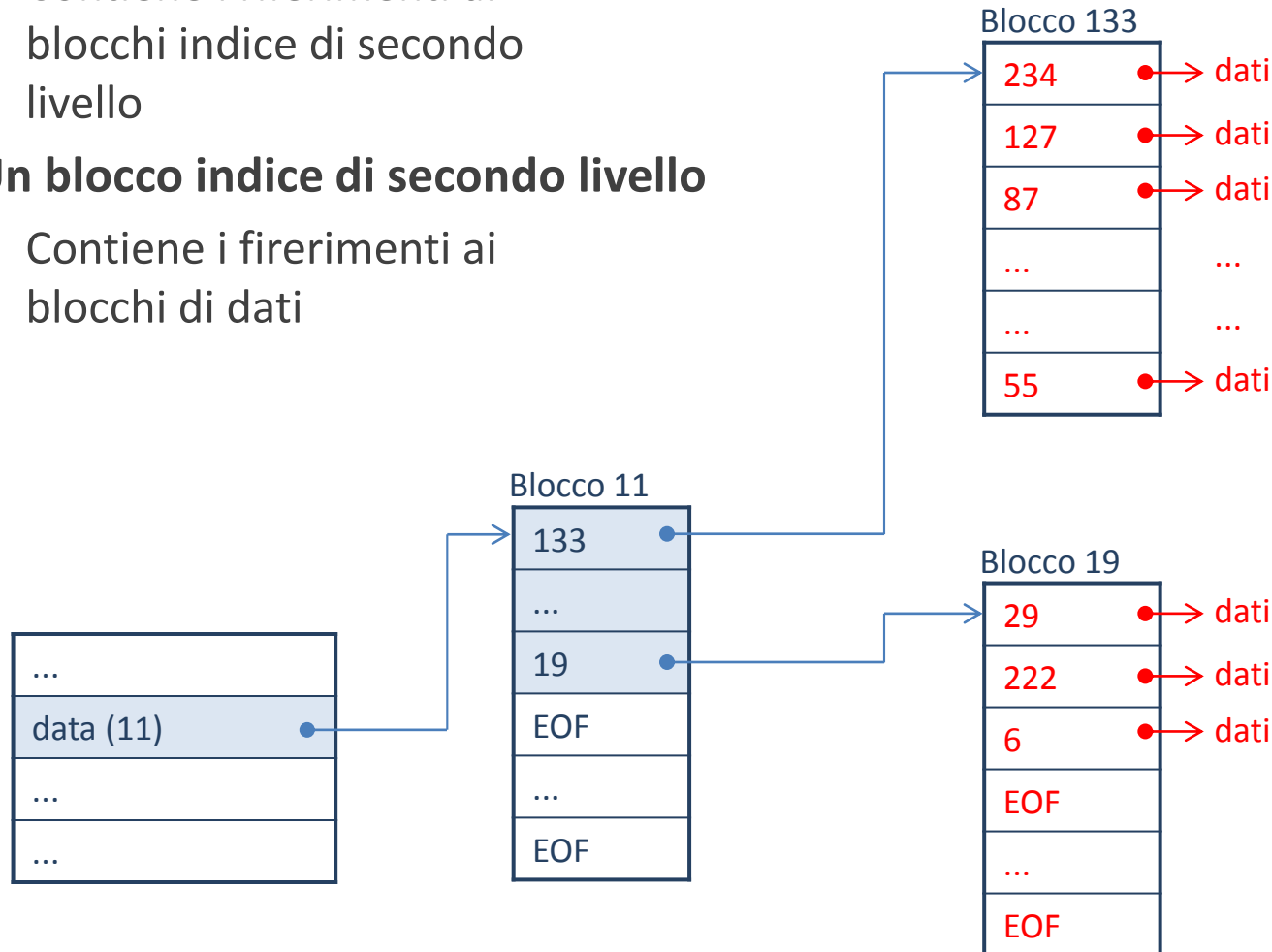
# Allocazione Indicizzata – Schema concatenato

- **Il blocco indice**
  - Contiene i riferimenti ai blocchi del file
- **L'ultimo elemento del blocco indice**
  - Contiene un riferimento ad un secondo blocco indice, se il file è di grandi dimensioni
- **L'ultimo elemento dell'ultimo blocco indice**
  - Contiene il valore speciale EOF ad indicare la fine del file



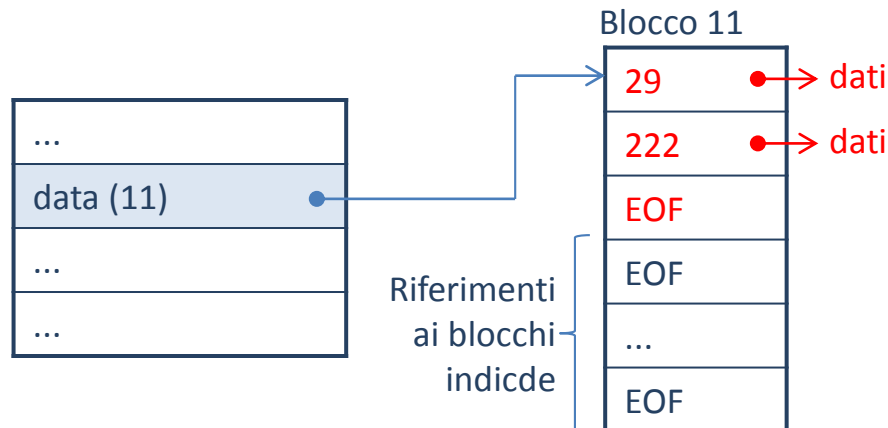
# Allocazione Indicizzata – Schema multilivello

- **Un blocco indice di primo livello**
  - Contiene i riferimenti ai blocchi indice di secondo livello
- **Un blocco indice di secondo livello**
  - Contiene i riferimenti ai blocchi di dati



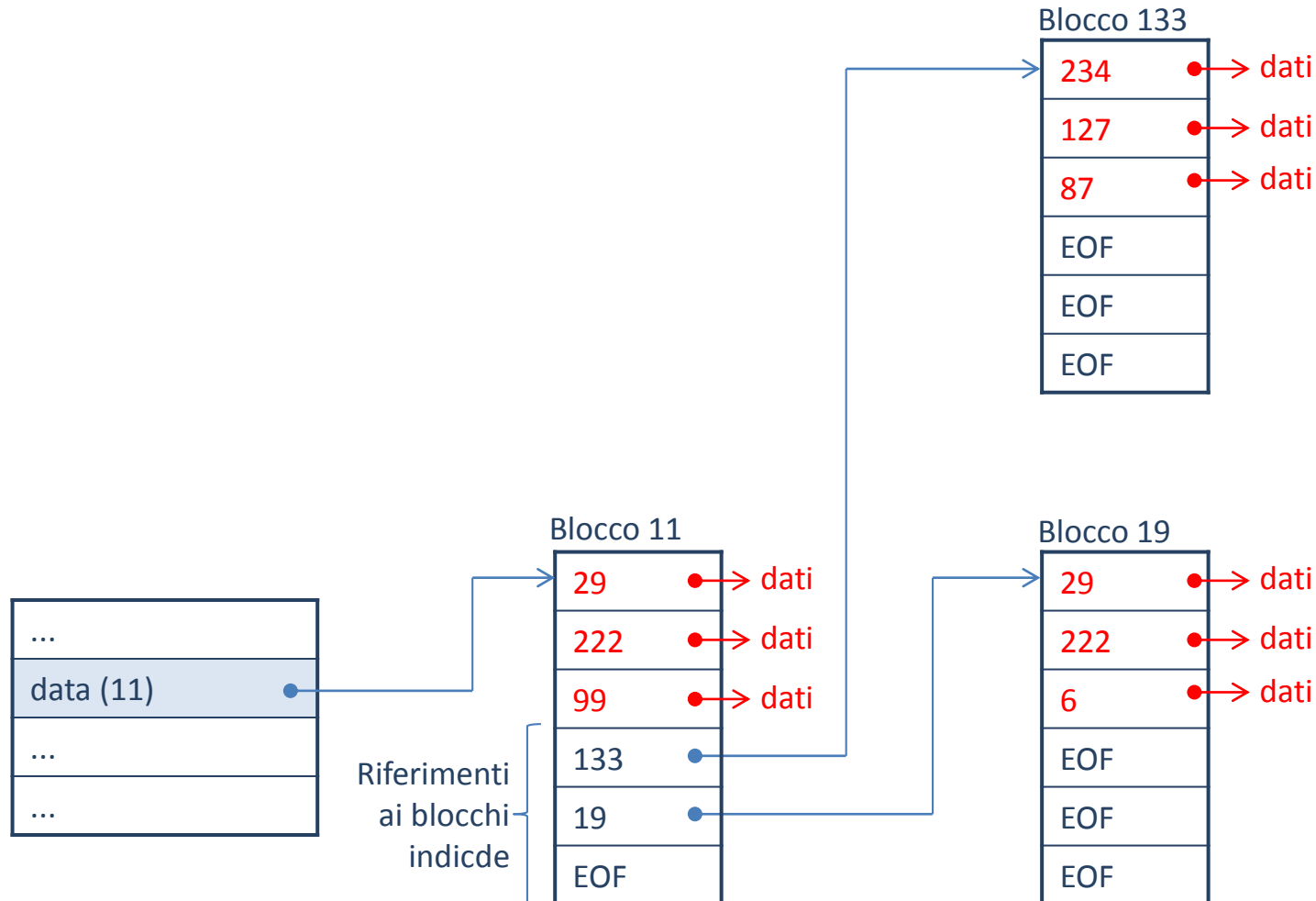
# Allocazione Indicizzata – Schema combinato

- **In ogni blocco indice**
  - La parte iniziale contiene riferimenti a blocchi di dati del file
  - La parte finale contiene riferimenti a blocchi indice di secondo livello
- **Se il file ha dimensioni ridotte**
  - Non viene utilizzato il secondo livello



# Allocazione Indicizzata – Schema combinato

- Per un file di grandi dimensioni
  - Si ricorre ai blocchi indice concatenati



# Schemi di allocazione

## ■ Esercizio 2

- Si supponga di avere lo spazio fisico dell'unità di memorizzazione così frammentato:



- Si vuole allocare un file che occupa **8 blocchi**. Indicare cosa succede a seconda che venga adottata una delle seguenti politiche:

➤ Allocazione contigua – politica first-fit/best-fit/worst fit

**No match**

➤ Allocazione contigua – politica base+extent (b,n1,e,n2)

**(100,5,200,3)**

➤ Allocazione concatenata

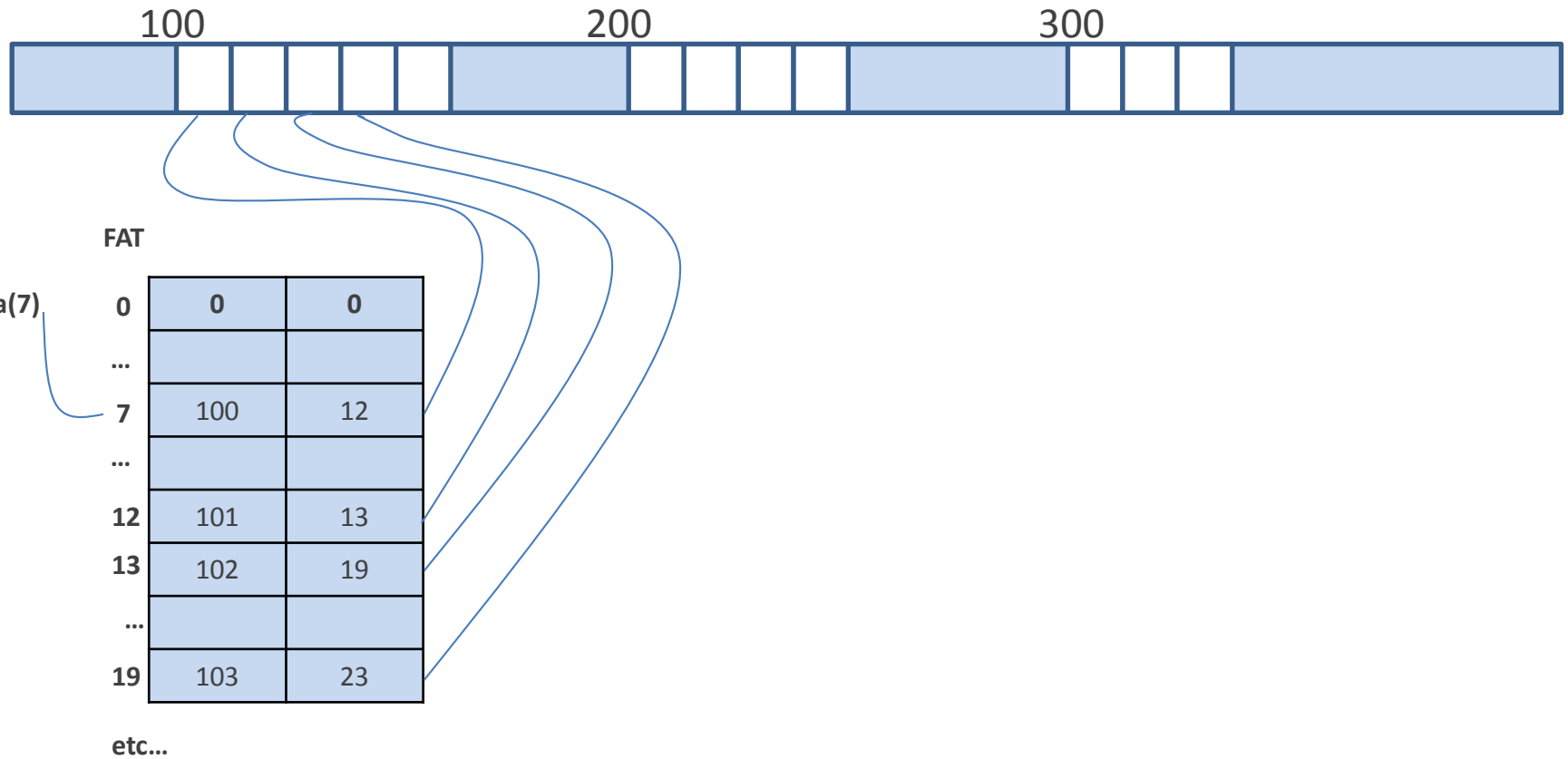
**(100, 202)**

100		101		102		103		104		200		201		202	
Data	101	Data	102	Data	103	Data	104	Data	200	Data	201	Data	202	Data	EOF

# Schemi di allocazione

Continua...

## ➤ Allocazione concatenata – FAT

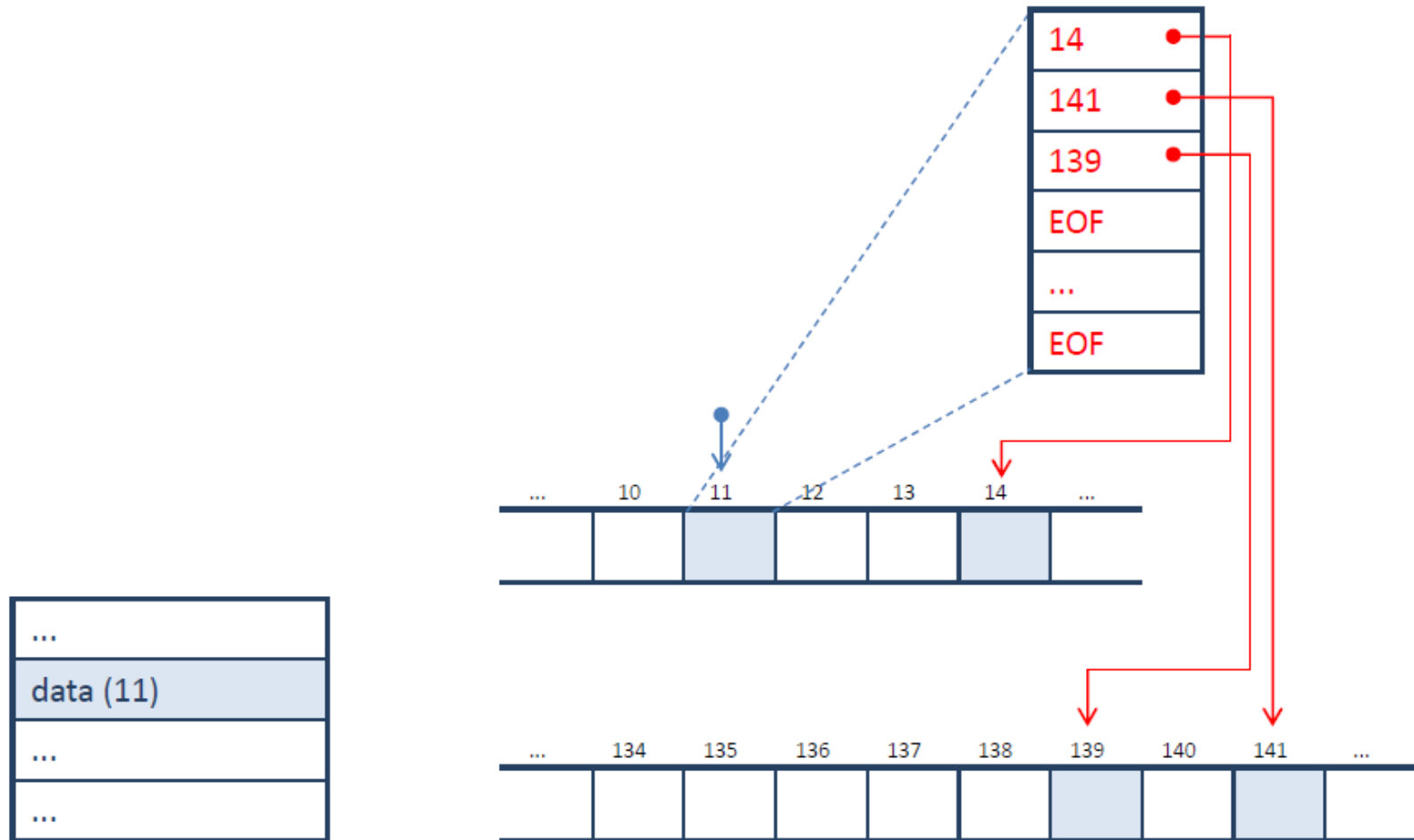


## ■ Esercizio 3

- Si supponga di avere blocchi grandi 1KB e indici di dimensione 4B. Si calcoli il numero di blocchi indirizzabili in accordo con le seguenti politiche:
  - Allocations indicizzata semplice
  - Allocations indicizzata concatenata
  - Allocations indicizzata multilivello ( 2 e 3 livelli )
  - Allocations indicizzata combinata (3 livelli, il resto diretto)

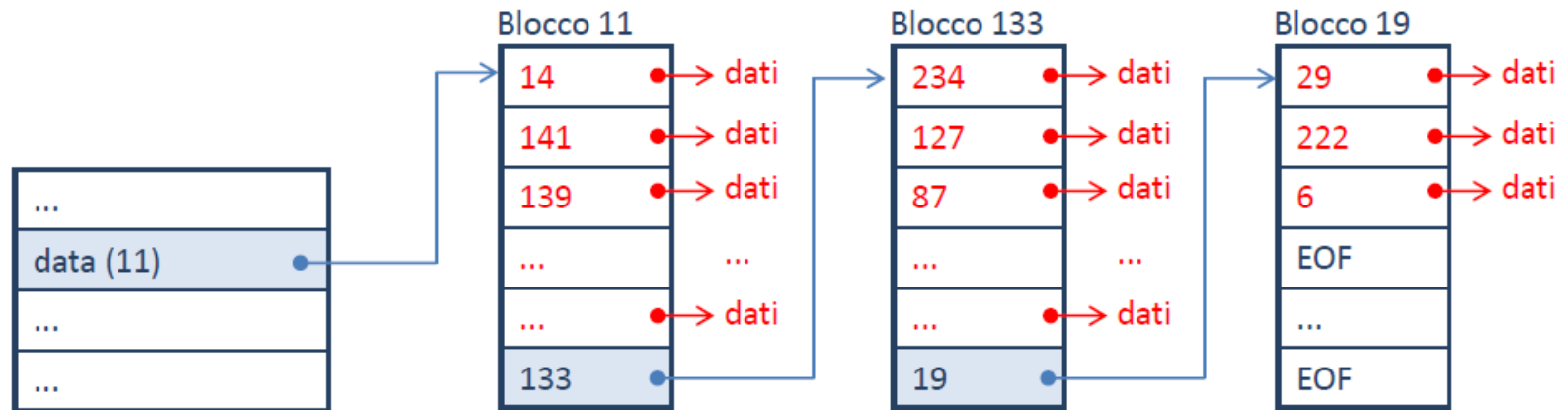


# Allocazione inidicizzata semplice



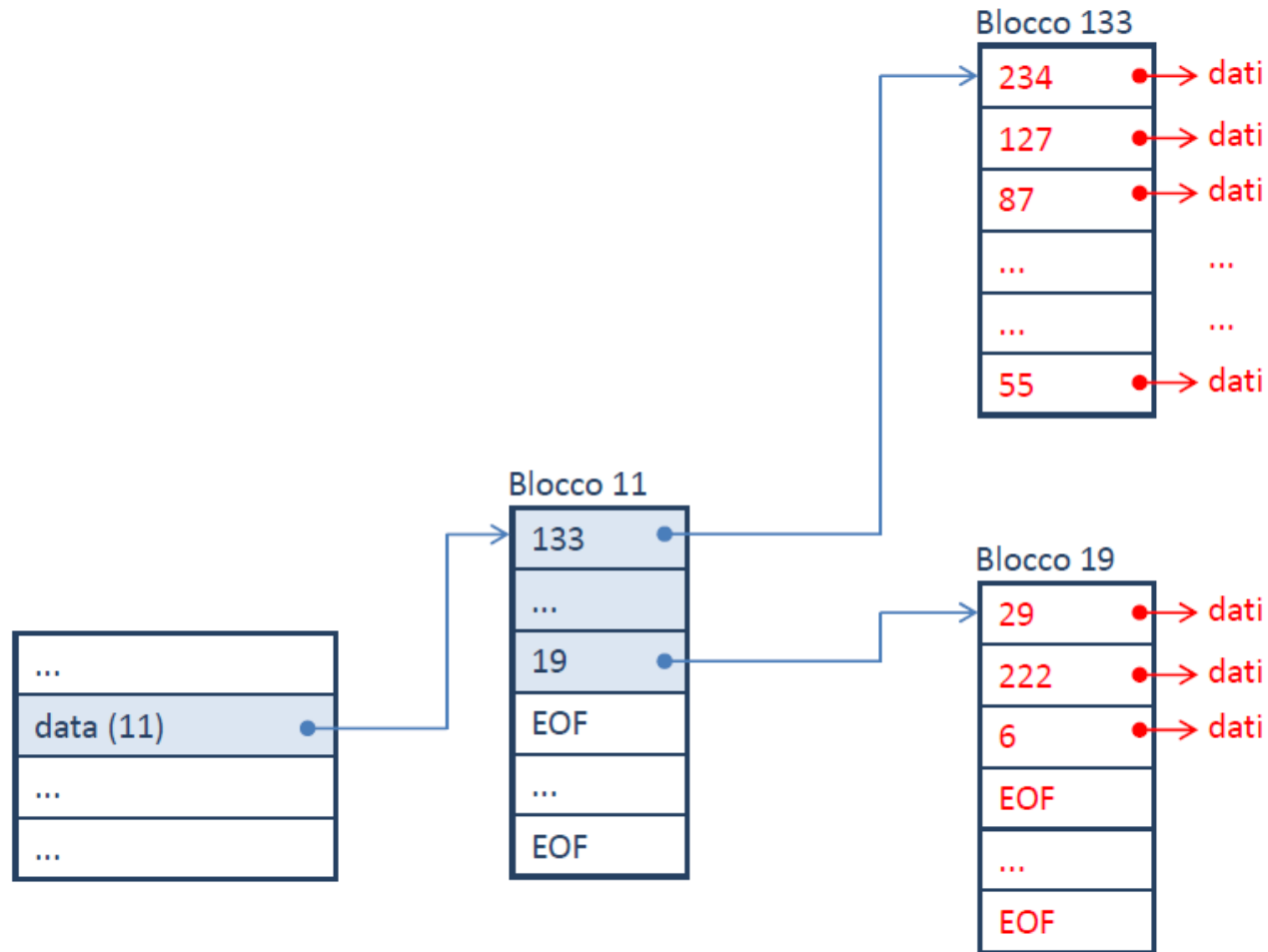
- $\#INDICI = 2^{10} / 2^2 = 2^8 = 256$
- $DIMENSIONE\ MASSIMA\ FILE = 256 * 1KB = 256\ KB$

# Allocazione inidicizzata concatenata



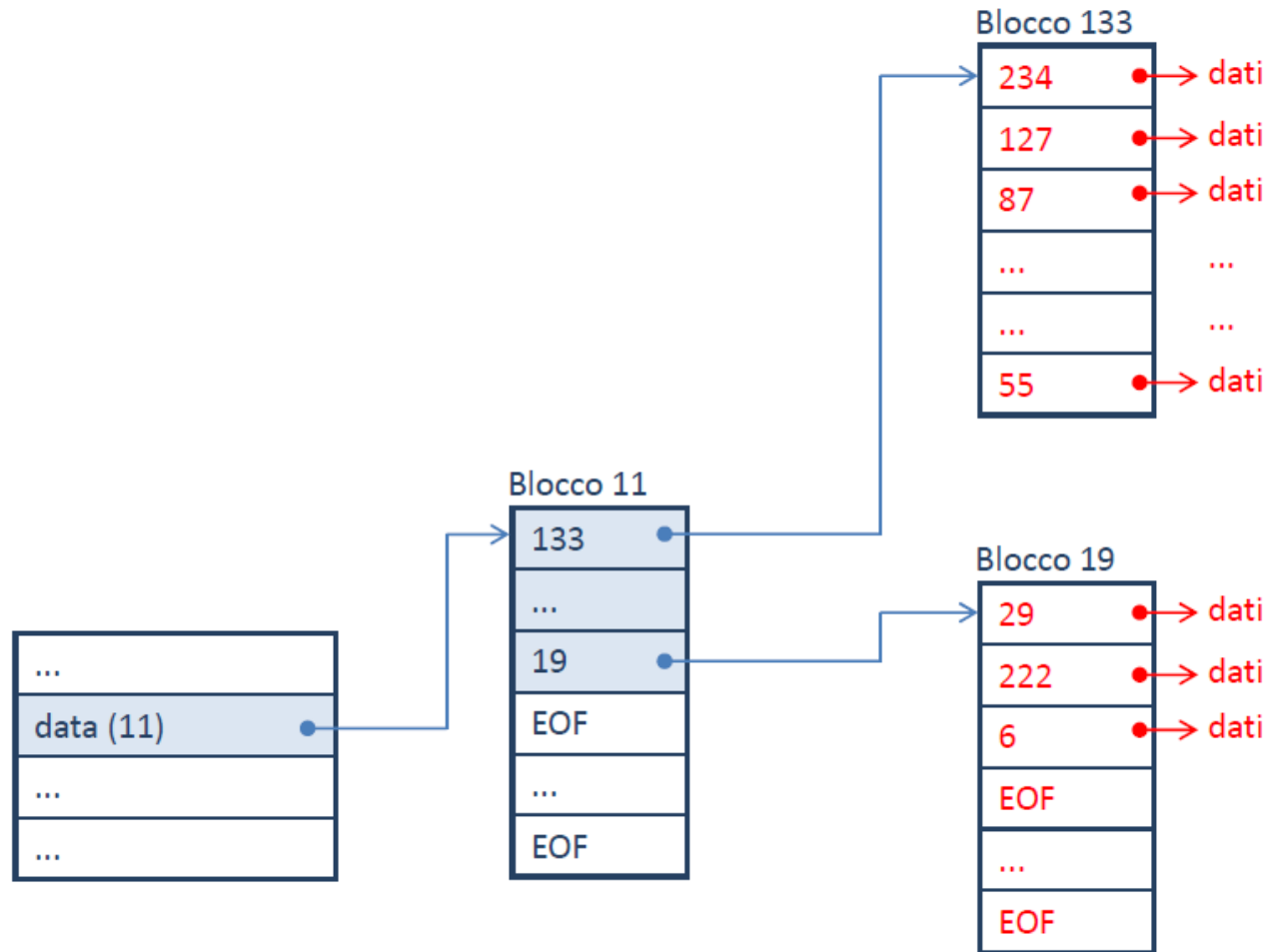
- $\#INDICI_{BLOCCO} = 2^{10}/2^2 - 1 = 2^8 - 1 = 255$
- $\#INDICI = \infty$
- $DIMENSIONE\ MASSIMA\ FILE = \infty$

# Allocazione inidicizzata multilivello ( 2 livelli )



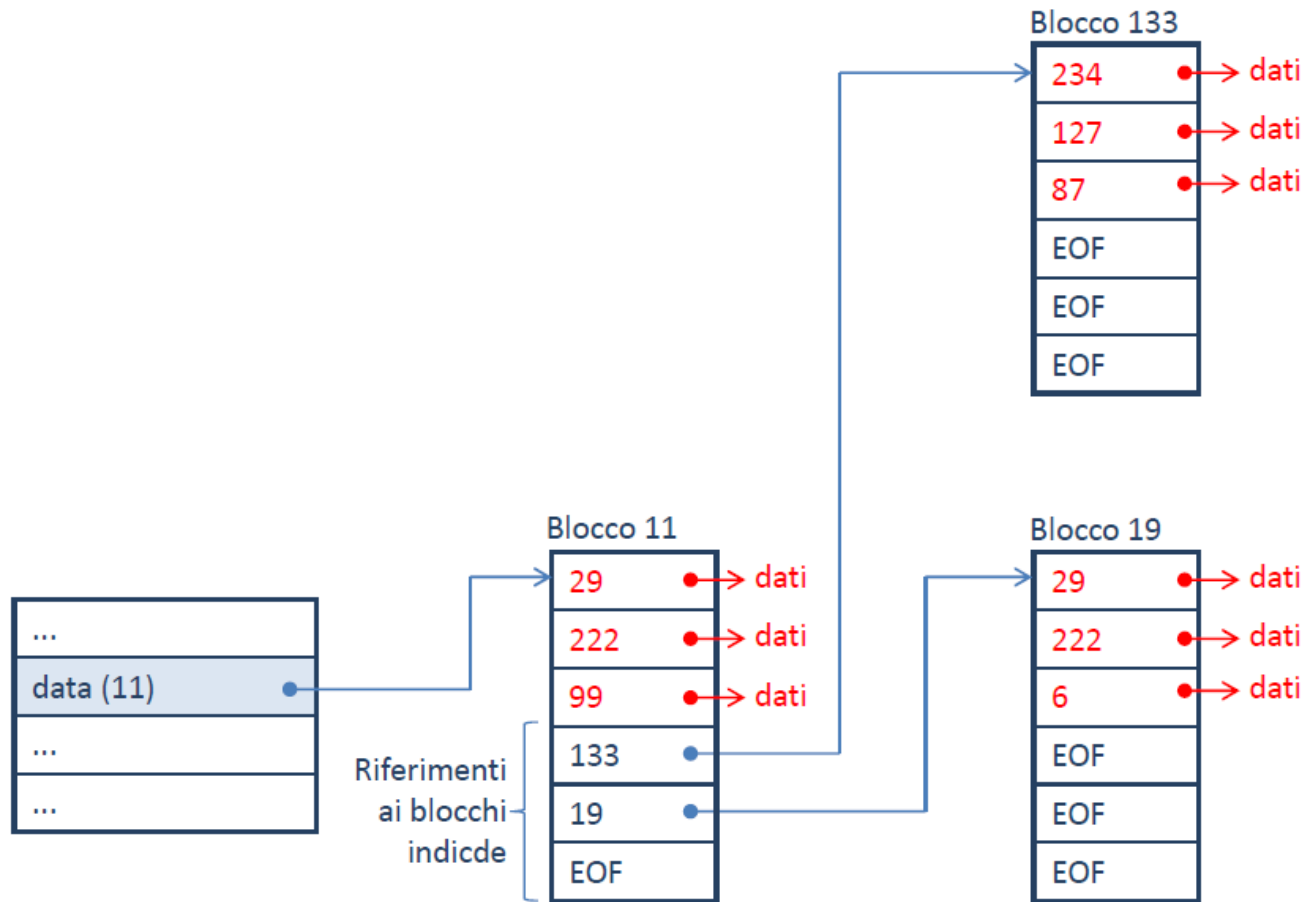
- $\#INDICI = (2^{10}/2^2)^2 = 2^{16} = 65536$
- $DIMENSIONE\ MASSIMA\ FILE = 65536 * 1KB = 64\ MB$

# Allocazione inidicizzata multilivello ( 3 livelli )



- $\#INDICI = (2^{10}/2^2)^3 = 2^{24} = 16777216$
- $DIMENSIONE\ MASSIMA\ FILE = 2^{24} * 1KB = 4\ GB$

# Allocazione inidicizzata combinata



- $\#INDICI_{LIVELLO} = \frac{(2^{10}/2^2)}{2} = 2^7$
- $\#INDICI = 2^7 + 2^7 (2^7 + 2^7 (2^7 + 2^7 2^8)) = 2^7 + 2^{14} + 2^{21} + 2^{29}$
- $DIMENSIONE\ MASSIMA\ FILE = \#INDICI * 1KB \cong 514\ GB$

# Filesystem

---

## ▪ Esercizio 4

- Si supponga di avere blocchi da 1KB e indici di dimensione 4B.
- Si supponga inoltre di avere un file di 128KB.
- Simulare
  - Accesso sequenziale a tutto il file
  - Accesso casuale alla fine del file
  - Accesso casuale al blocco 127 partendo dal 128 ( `lseek(fd,-1024, SEEK_CUR)` )
- Supponendo che il filesystem abbia
  - Allocazione contigua
  - Allocazione concatenata
  - Allocazione indicizzata semplice

# Accesso Sequenziale

## ■ Allocazione contigua

- $\#BLOCCHI_{FILE} = \frac{2^{17}}{2^{10}} = 2^7 = 128$
- Accedo al filesystem ( blocchi (200,128) )
- Accedo al blocco dati 200
- Finito l'accesso al blocco dati 200 carico il blocco dati 201
  - Non controllo più il filesystem perché so che i blocchi sono tutti contigui
- In totale faccio solo 128 accessi ai blocchi ( da blocco 200 a 327 )

## ■ Allocazione concatenata

- $\#BLOCCHI_{FILE} = \frac{2^{17}}{2^{10}-2^2} = 128.5 \rightarrow 129$  perché devo memorizzare l'indice
- Accedo al filesystem ( primo blocco (200) )
- Accedo al blocco dati 200
- Finito l'accesso ai dati del blocco dati 200 leggo il numero del blocco dati successivo
  - Non controllo più il filesystem perché il blocco precedente mi dice quale è quello successivo
- In totale faccio solo 129 accessi ai blocchi

# Accesso Sequenziale

---

- **Allocazione indicizzata semplice**

- $\#BLOCCHI_{FILE} = \frac{2^{17}}{2^{10}} = 2^7 = 128$
- $\#INDICI_{BLOCCO} = \frac{2^{17}}{2^2} = 2^{15} > 128$
- Accedo al filesystem ( blocco indice (200) )
- Accedo al blocco indice 200
- Accedo al blocco primo dati
- Finito l'accesso al primo blocco dati carico accedo al blocco indice per sapere quale è il successivo
- In totale faccio 256 accessi ai blocchi ( 128 indice + 128 dati )



# Accesso Casuale Fine

---

- **Allocazione contigua**

- Accedo al filesystem ( blocchi (200,128) )
- Calcolo il numero del blocco finale (200+128)
- Accedo al blocco dati 327 ( il 128 blocco sequenziale )
- In totale faccio solo 1 accesso

- **Allocazione concatenata**

- Accedo al filesystem( primo blocco (200) )
- Accedo al blocco dati 200
- Recupero il numero del blocco successivo
- Termino quando ho fatto passare tutti i blocchi e sono arrivato al 129 blocco
- In totale faccio 129 accessi ai blocchi

# Accesso Casuale Fine

---

- **Allocazione indicizzata semplice**
  - Accedo al filesystem ( blocco indice (200) )
  - Accedo al blocco indice 200
  - Accedo all'ultimo blocco dati nel blocco indice
  - In totale faccio 2 accessi ai blocchi ( 1 indice + 1 dati )

# Accesso Casuale Precedente

---

- Devo accedere al blocco  $-1024/1024 = -1$  rispetto all'attuale
- Calcolo il numero del blocco del file  $128-1 = 127$
- **Allocazione contigua**
  - Sono al blocco 327
  - Accedo direttamente al blocco dati  $327 - 1 = 326$
  - In totale faccio solo 1 accesso
- **Allocazione concatenata**
  - Accedo al filesystem ( primo blocco (200) )
  - Accedo al blocco dati 200
  - Finito l'accesso ai dati del blocco dati 200 leggo il numero del blocco dati successivo fino a che non arrivo al 127esimo blocco del file
    - Non controllo più il filesystem perché il blocco precedente mi dice quale è quello successivo
  - In totale faccio 127 accesso ai blocchi
  - **ATTENZIONE:** Devo sempre passare dal filesystem per un "accesso all'indietro"

# Accesso Casuale Precedente

---

- **Allocazione indicizzata semplice**
  - Accedo al filesystem ( blocco indice (200) )
  - Accedo al blocco indice 200
  - Accedo al blocco 127 del blocco indice
  - In totale faccio 2 accessi ai blocchi ( 1 indice + 1 dati )