

Lezione 8

I sistemi operativi special purpose. Un esempio: i sistemi multimediali

- Esigenze della multimedialita'
- Scheduling dei processi
- Il file system
- Scheduling del disco



8. I sistemi multimedia

1

marco lapegna

Sistemi operativi multimediali

- L'intrattenimento e la comunicazione multimediale rappresentano uno dei settori che più rapidamente si è affermato negli ultimi anni
- Le **caratteristiche dei file** per il multimedia
 - Musica
 - Filmati
 - Videoclip
 - videogiochi**sono molto diverse** dai file tradizionali per cui sono stati progettati la maggior parte dei sistemi operativi odierni



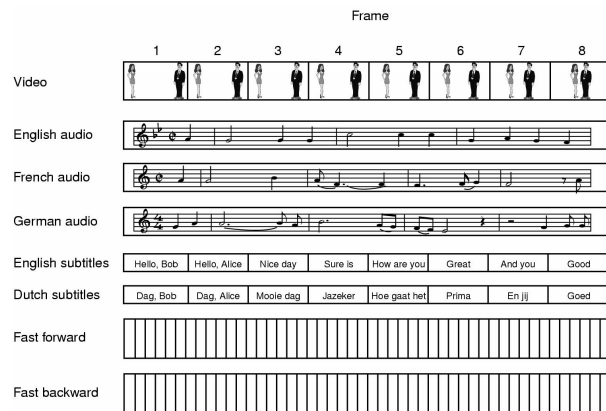
Esigenza di nuovi modelli e algoritmi
per i sistemi operativi multimediali

8. I sistemi multimedia

2

marco lapegna

Esempio: un filmato DVD



Un film DVD consiste di numerose tracce

8. I sistemi multimedia

3

marco lapegna

Un filmato digitale

- Un filmato digitale è quindi una **entità discretizzata**
 - La parte video si compone di **un certo numero di frame da processare ogni secondo**
 - NTSC (USA e Giappone) 30 fotogrammi al secondo
 - PAL e SECAM 25 fotogrammi al secondo
 - La parte audio si compone di **un certo numero di campionamenti da processare al secondo**
 - Tipicamente 44100 campioni al secondo



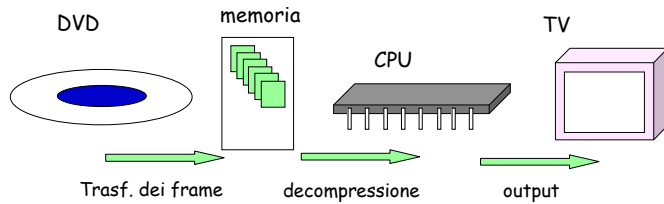
In ogni caso la quantità di dati
da processare è costante nel tempo

8. I sistemi multimedia

4

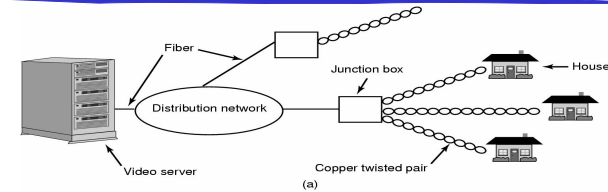
marco lapegna

Esempio : un DVD player



- Un filmato DVD e' composto da **numerosi frame compressi** in accordo allo standard MPEG2
- Un disco DVD (DVD5) contiene circa **5 Gbytes** di dati per un filmato di circa **2 ore (+ contenuti speciali)**

Esempio: la tv on demand



- ogni utente puo' selezionare da casa un film che vuol vedere richiedendolo ad un provider
- **infrastruttura necessaria**
 - un **video server** che memorizza i film sotto forma di file
 - una **rete** sufficientemente veloce
 - un **decoder** presso l'utente per la decodifica e decompressione

Caratteristiche di un sistema multimedia (1)

- Per avere una visione accettabile, un film in formato DVD di **5 Gbytes di due ore** richiede il trasferimento di

$4 \cdot 10^{10}$ bit in 7200 secondi



Richiesta una velocita' di trasferimento di oltre **5 Mbit/sec** (altri formati richiedono fino a centinaia di Mbit/sec)

Alcune velocita' di trasmissione

sorgente	Mbps richiesti
telefonata	0.064
Musica MP3	0.14
CD audio	1.4
MPEG2 (DVD) 640x480	5
Videocamera 720x480	25
TV non compressa 640x480	221
HDTV non compressa 720x480	648

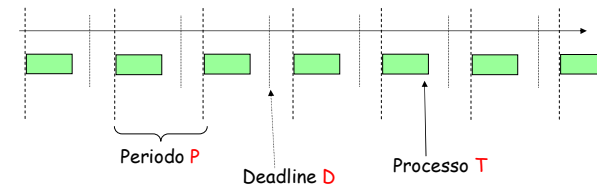
strumento	Mbps offerti
Modem analogico	0,054
ADSL	0,640 → 4
Fast ethernet	100
Rete ATM	156
Disco SCSI	320
Gigabit Ethernet	1000

La qualita' del servizio (QoS)

- Dipende da alcuni **parametri**
 - Larghezza di banda media (**bandwidth**)
 - La variabilita' nella velocita' di trasmissione (**jitter**)
 - La **probabilita'** di perdere i dati
- **Esempio:**
 - Bandwidth = 10 Mbps
 - 99% dei ritardi di al piu' 100ms
 - 10^{-10} bit persi } **OK per MPEG2**
- Una ampiezza di banda inferiore richiede una risoluzione minore per avere la stessa QoS

Multimedia e real time

- In un file multimediale i frame devono essere processati a **intervalli costanti (periodo)**
 - NTSC: 1 frame ogni 33.3 ms
 - PAL e SECAM: 1 frame ogni 40 ms
- **Esempio**



Multimedia e real time

- Processi con tali caratteristiche sono detti **Processi Periodici**
- Poiche' i s.o. per sistemi multimediali deve processare
 - Insiemi di dati di dimensioni costante (**i frame**)
 - A intervalli costanti (**il periodo**)
 - Entro una fissata scadenza (**la deadline**)

Costituiscono un esempio significativo di

Sistemi operativi che fanno uso di tecniche real time

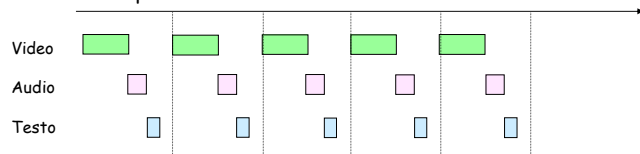
Multimedia e real time

- Un sistema con tali caratteristiche **differisce profondamente** da un sistema general purpose
- Principali differenze
 - **Algoritmi di scheduling dei processi**
 - **Il file system**
 - **La schedulazione del disco**

Un DVD player

- Un DVD player e' basato su un s.o. che deve processare **un solo film alla volta**, composto ad esempio

- Traccia per il video
- Traccia per l'audio
- Traccia per i sottotitoli



I processi arrivano secondo un **ordine fissato e prestabilito**

Algoritmo di scheduling FCFS o round robin

TV on demand

- Un sistema per la TV on demand e' invece basato su un s.o. che deve fare fronte a un numero di richieste variabili nel tempo

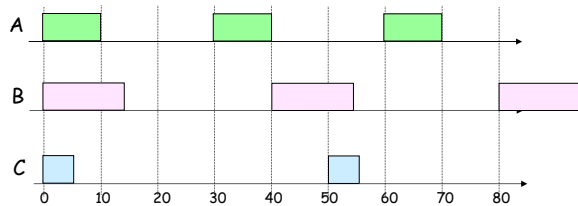
- M = Numero di utenti che variano nel tempo
- Numerosi film da gestire contemporaneamente, con differenti
 - Periodi $P_i \quad i=1,..M$
 - Deadline $D_i \quad i=1,..M$
 - Tempi di processamento dei frame $T_i \quad i=1,..M$

La schedulazione di processi in cui ci sono delle scadenze temporali e' detta

Schedulazione in tempo reale

esempio

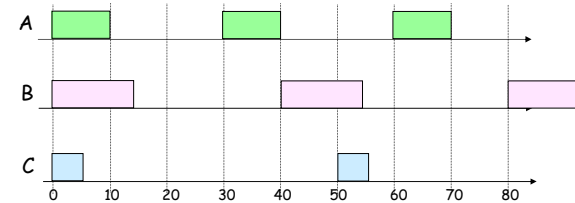
- 3 processi A, B e C
 - Proc. A → periodo $P=30$ tempo esecuzione $T=10$
 - Proc. B → periodo $P=40$ tempo esecuzione $T=15$
 - Proc. C → periodo $P=50$ tempo esecuzione $T=5$
- Deadline che coincide con l'inizio del frame successivo



Scheduling in assenza di competizione !!

problema

- Siamo sicuri che i tre processi possono essere eseguiti rispettando le loro rispettive deadline?



- A occupa la CPU per 10 unita' ogni 30 → utilizzo della CPU = 33.3%
- B occupa la CPU per 15 unita' ogni 40 → utilizzo della CPU = 37.5%
- C occupa la CPU per 5 unita' ogni 50 → utilizzo della CPU = 10%

CPU impegnata per l'80.8 % → OK !!

In generale

- Dati M processi, ognuno dei quali caratterizzato da
 - Periodo P_i
 - Tempo esecuzione T_i

i processi sono schedulabili $\Rightarrow \sum_{i=1}^M \frac{T_i}{P_i} \leq 1$

- **Osservazione:** data la natura dei processi i parametri P_i e T_i sono noti allo scheduler

QoS del video on demand

- Un sistema per il video on demand e' basato su un s.o. che deve fare fronte a un numero di richieste variabili nel tempo

Il modo piu' comune per garantire una fissata QoS consiste nel **riservare le risorse** per gli utenti e **rifiutare richieste ulteriori** che degraderebbero la QoS



controllo dell'ammissione

Algoritmi di scheduling per il multimedia

- un processo la cui deadline sia a rischio **dovrebbe interrompere il processo in esecuzione**



Uso di algoritmi con prelazione

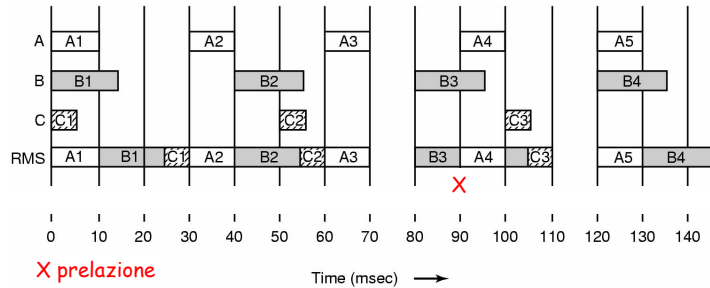
- Gli algoritmi di scheduling con prelazione possono essere
 - Con **priorita' prefissate** (es. algoritmo di schedulazione a frequenza monotona)
 - Con **priorita' dinamiche** (es. algoritmo di schedulazione a scadenza piu' vicina)

Schedulazione a frequenza monotona

- **Rate Monotonic Scheduling (RMS)**
- **Utilizzabile quando**
 - Ogni processo periodico va completato entro una sua **deadline**
 - I processi sono **indipendenti**
 - Ogni processo richiede la **stessa quantita' di calcolo** in ogni periodo
 - I processi **non periodici** non hanno deadline
 - Overhead per il cambio di contesto **nullo** (per semplicita')
- Algoritmo con **prelazione** e con **priorita'**, dove la **priorita'** e' uguale alla **frequenza**

Esempio (1)

- 3 processi, A, B e C
 - A periodo $P=30\text{ms}$ → frequenza = 33.3 volte/sec
 - B periodo $P=40\text{ms}$ → frequenza = 25 volte/sec
 - C periodo $P=50\text{ms}$ → frequenza = 20 volte/sec



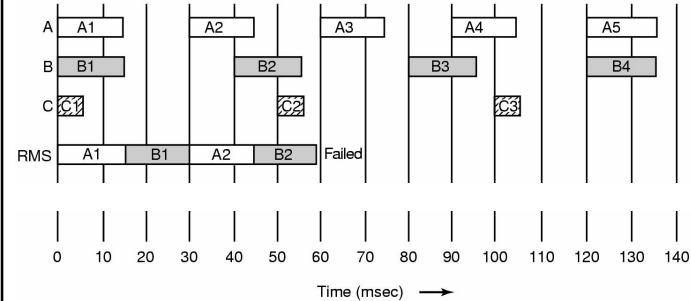
8. I sistemi multimedia

21

marco lapegna

Esempio (2)

- 3 processi, A, B e C (stesse frequenze dell'esempio precedente)
 - A tempo di esecuzione = 15ms (10ms nell'esempio precedente)
 - B stesso tempo di esecuzione dell'esempio precedente
 - C stesso tempo di esecuzione dell'esempio precedente



8. I sistemi multimedia

22

marco lapegna

perche'?

- L'algorithmo di scheduling RMS tiene conto **solo del periodo** (e quindi della frequenza) e **non del tempo di esecuzione**
- Osservazione:**
 - I processi A B e C utilizzano la CPU rispettivamente per il
50% 37.5% 10%

Per un **totale del 97.5%**
(la CPU non e' sovrutilizzata)



$$\sum_{i=1}^M \frac{T_i}{P_i} \leq 1 \quad \rightarrow \quad \text{i processi sono schedulabili}$$

8. I sistemi multimedia

23

marco lapegna

Schedulabilita' dell'algorithmo RMS

- Per l'algorithmo RMS la condizione $\sum_{i=1}^M \frac{T_i}{P_i} \leq 1$ e' quindi una condizione **solo necessaria**

- Si puo' dimostrare che

$$\sum_{i=1}^M \frac{T_i}{P_i} \leq m(2^{1/m} - 1) \quad \rightarrow \quad \text{i processi sono schedulabili}$$

condizione sufficiente per la schedulabilita'

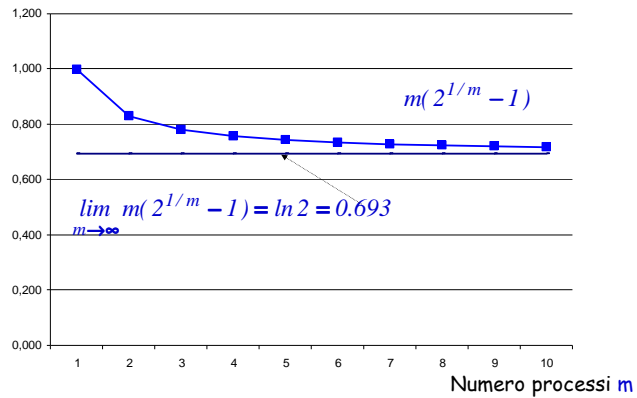
- Osservazione:** $m(2^{1/m} - 1) < 1 \quad m > 1$

8. I sistemi multimedia

24

marco lapegna

Schedulabilita' dell' algoritmo RMS



Schedulazione alla deadline piu' vicina

- Earliest Deadline First (EDF)
- Non richiede che
 - I processi siano periodici
 - I processi abbiano lo stesso tempo di esecuzione

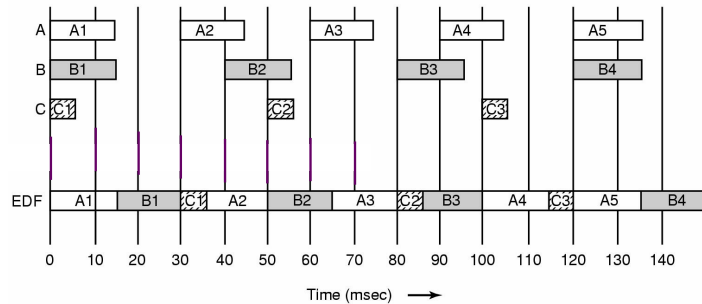


Utile in caso di **carico variabile della CPU**

- Algoritmo con **prelazione** dove la **priorita'** e' calcolata in base alla **deadline piu' vicina**

Esempio EDF

- 3 processi
- Stesso esempio in cui RMS fallisce



Schedulabilita' dell' algoritmo EDF

- Con una percentuale di utilizzo della CPU del 97.5% l'algoritmo EDF non fallisce

- Si puo' dimostrare che

$$\sum_{i=1}^M \frac{T_i}{P_i} \leq 1$$

E' **condizione necessaria e sufficiente** per la schedulabilita' dell'algoritmo EDF

RMS vs EDF

L'algoritmo RMS utilizza **priorita' statiche** calcolate una volta per tutte prima dell'esecuzione dei processi

Algoritmo con **basso overhead** e uso limitato della CPU

L'algoritmo EDF utilizza **priorita' dinamiche** calcolate all'arrivodi ogni nuovo processo

Algoritmo con **overhead maggiore** e uso ottimale della CPU



Se l'utilizzo della CPU e' $\left\{ \begin{array}{l} > m(2^{1/m} - 1) \rightarrow \text{si usa EDF} \\ < m(2^{1/m} - 1) \rightarrow \text{si usa RMS} \end{array} \right.$

Funzioni Video Cassette Recorder (VCR)

- L'interfaccia utente di un DVD player e' basata su funzioni di
 - Start
 - Stop
 - Avanti e dietro veloce
 - Riavvolgimento
- } Funzioni VCR
- Tali funzioni costituiscono l'interfaccia con il file system di un sistema multimediale
 - **Problema:** implementazione delle funzioni VCR

Semantica del file system

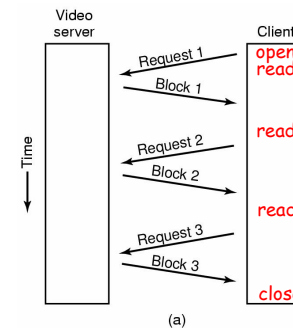
- Analogamente ai processi, anche l'accesso ai file multimediali ha esigenze di **garanzie di rispetto delle scadenze** con caratteristiche di regolarita'
 - nel tempo (accesso a intervalli di tempo costante)
 - nello spazio (accesso prevalentemente sequenziale)



- La **semantica** dell'accesso ai file per sistemi general purpose basata sulle funzioni
 - open, close
 - read, write

Non e' indicata

Implementazione con open e read



Con una semantica tradizionale le richieste dei frame **partono** dal client ad intervalli regolari

Modalita' pull



Ai possibili **ritardi delle richieste** si sommano i possibili **ritardi delle risposte**

Soluzione alternativa

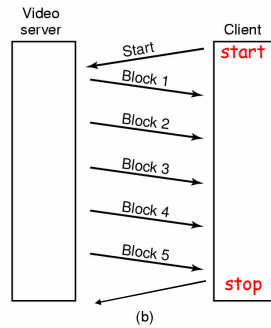
Una volta avviata una richiesta (**start**) i frame vengono spediti dal server a intervalli costanti

Modalita' push



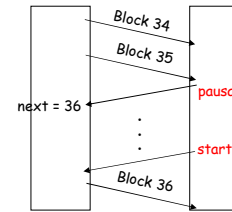
Eventuali ritardi solo nelle risposte

La funzione **stop** interrompe il flussi dei blocchi

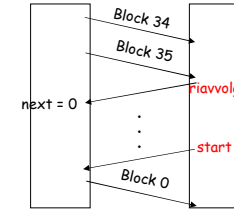


funzioni pausa e riavvolgimento

- **Funzione pausa:** il file system del video server memorizza il numero del blocco successivo e interrompe il flusso. Con un nuovo start si riprende da dove ci si era fermati
- **Funzione riavvolgimento:** il file system del video server annota che il blocco successivo e' il blocco 0.



Funzione pausa



Funzione riavvolgi

Avanti e dietro veloce (es. 10x)

- **File non compresso:** una **velocita' 10x** viene realizzata inviando un frame ogni 10
- **File compresso:** i frame compressi non hanno tutti la stessa dimensione a causa del differente contenuto
 - Il server decomprime tutti i frame e ne spedisce uno ogni 10 → **lavoro aggiuntivo** del server
 - Spedire il file a una velocita' 10x e far selezionare al client un frame ogni 10 → la rete potrebbe **non supportare la velocita'**
 - Tenere memorizzato sul server un file con un frame ogni 10 → **spazio aggiuntivo** sul server per tutte le velocita' di riproduzione

In ogni caso soluzione non facile

Video quasi su richiesta

Situazione ottimale per **K utenti che vedono lo stesso film:** condividere il flusso di frame

ma e' **molto improbabile** che gli utenti inizino la visione **nello stesso istante**

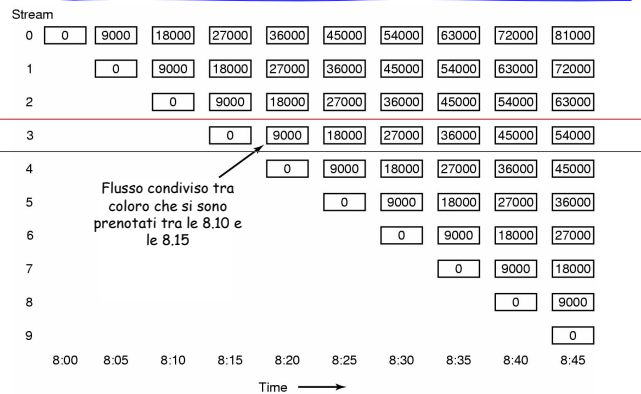


Impossibilita' nella condivisione del flusso

Soluzione

"Costringere" la visione a orari stabiliti (es. ogni 5 min.)

Video quasi su richiesta



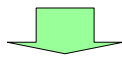
Funzioni VCR limitate ma soluzione piu' economica rispetto alla tv on demand

Su richiesta vs quasi su richiesta

- La **scelta del modello** "su richiesta" oppure "quasi su richiesta" dipende dal tipo di film
 - Film "di cassetta" con **multi utenti** → auspicabile la condivisione del flusso → modello "quasi su richiesta"
 - Film con **pochi utenti** → improbabile una condivisione del flusso → modello "su richiesta"
- ... o dal tipo di contratto
 - Incluso nel pacchetto base il modello "quasi su richiesta"
 - A pagamento aggiuntivo il modello "su richiesta"

Allocazione dei file

- Caratteristiche di un file multimediale
 - Grandi dimensioni
 - Dimensione fissa
 - Accesso sequenziale
 - Esigenze di QoS nell'accesso

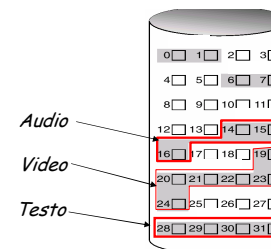


Criteri di allocazione differenti rispetto ai sistemi generali

Allocazione dei file

- Il metodo di allocazione con
 - Minor numero di accessi nel caso di accesso sequenziale
 - Ma che non permette la crescita della dimensione

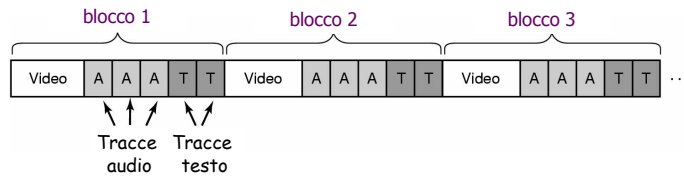
Allocazione contigua



Un problema: presenza di **piu' tracce** (video, audio, testo) che richiedono numerosi **salti sul disco** per ogni frame

Allocazione interlacciata

- Una alternativa e' **interlacciare i file di uno stesso film** in blocchi contigui



- Viene letto con **un'unica operazione di I/O** il video, l' audio e il testo e poi si passa al blocco successivo
- Pesante overhead** per le funzioni VCR avanti e dietro veloce
- Organizzazione ottimale** per DVD player, **meno efficiente** per video server con numerosi film trasmessi contemporaneamente

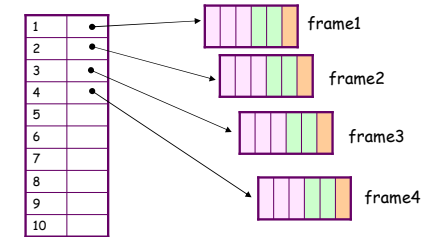
8. I sistemi multimedia

41

marco lapegna

Allocazione indicizzata a blocco piccolo

- Una alternativa consiste nella allocazione **indicizzata a blocco piccolo**
- I blocchi sono **piccoli, rispetto alla dimensione del frame**. Es. 1KB per frame di 16KB (MPEG2)
- Piu' blocchi contigui** contengono un frame
- L'indice contiene la **posizione del frame** con tutte le tracce audio, video e testo



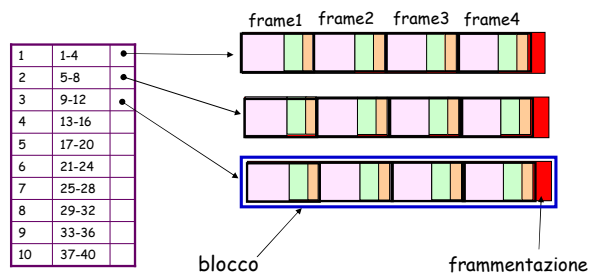
8. I sistemi multimedia

42

marco lapegna

Allocazione indicizzata a blocchi grandi

- Oppure e' possibile **indicizzare verso blocchi grandi** (rispetto alla dimensione dei frame)
- L'indice contiene la **posizione del blocco** con informazione dei frame contenuti in esso
- maggiore frammentazione** ma **indice piu' piccolo**



8. I sistemi multimedia

43

marco lapegna

Allocazione per il video quasi su richiesta

- Esempio:** film eseguito a 30 frame /sec e inizio ogni 5min (9000 frame ogni 5 min)
- Alle **8.30** sono necessari i frame
 - 0 per il flusso delle 8.30
 - 9000 per il flusso delle 8.25
 - 18000 per il flusso delle 8.20
- Alle **8.30 e 33ms** sono necessari i frame
 - 1 per il flusso delle 8.30
 - 9001 per il flusso delle 8.25
 - 18001 per il flusso delle 8.20

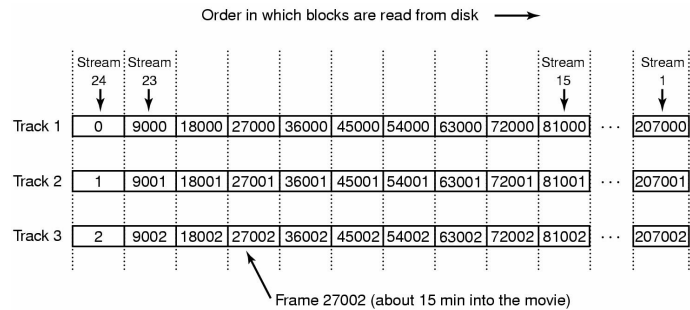
Il frame 1 non serve immediatamente dopo il frame 0

8. I sistemi multimedia

44

marco lapegna

Allocazione per il video quasi su richiesta



- I frame sono memorizzati nell'ordine in cui servono

Problema

- I file multimediali sono di grandi dimensioni
 - da 5 GB per un film MPEG2 di 2 ore a oltre 100 GB per l'HDTV

- Un video server necessita di numerosi dischi



Approccio RAID

- Quale livello RAID utilizzare?
 - Privilegiare l'efficienza (RAID 0)?
 - Privilegiare l'affidabilità (RAID 1)?

Osservazione

- Un file multimediale e' scritto una sola volta e non viene piu' modificato (gestione semplice del backup)



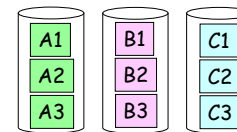
- Un sistema multimediale rappresenta un esempio di sistema dove l'aspetto critico e' l'efficienza e non l'affidabilità nel non perdere i dati



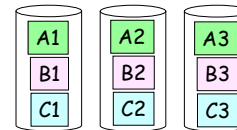
Uso del livello RAID 0

- Problema: come distribuire i film sui dischi?

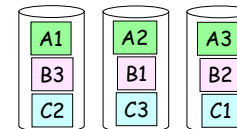
Esempio: 3 film A, B e C



- tutto un film sullo stesso disco
- svantaggio: overhead del disco dove risiedono i film piu' richiesti



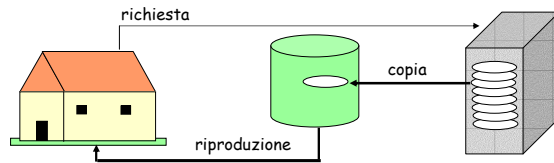
- film distribuiti allo stesso modo sui dischi
- svantaggio: overhead nelle ore di punta quando tutti iniziano alla stessa ora



- film distribuiti in maniera sfalsata sui dischi
- soluzione migliore

Caching dei file: problema

- Per un video server, avere memorizzati su disco centinaia di file di decine di GB puo' **richiedere parecchi dischi**
- Una soluzione puo' essere tenere i **film conservati su supporti di memorizzazione terziaria** (es. robot di DVD) che sono **copiati sul disco solo al momento della richiesta**



- Problema:** per iniziare a vedere il film bisogna **aspettare il tempo della copia sul disco**

Caching dei file: soluzione

- Se per **copiare** un film sul disco occorrono **10 minuti** e' possibile **tenere sul disco solo i primi 10 minuti** di ogni film
- La riproduzione **parte subito "su richiesta"**
- Mentre** vengono trasmessi i primi dieci minuti dal disco, **viene copiato** il resto del film sul disco

Scheduling del disco

- Anche lo **scheduling del disco** presenta le stesse caratteristiche dei processi periodici in un sistema multimediale
 - Elevati livelli di QoS
 - Prevedibilita' nell'arrivo delle richieste
- Esempio:**
 - 10 utenti** che vedono un film differente contemporaneamente
 - Film nello stesso formato PAL a **25 frame al secondo**



Arrivano al disco **esattamente 10 richieste ogni 40 ms**

Schedulazione statica round

- le 10 richieste** possono essere ordinate in maniera da minimizzare il seek time
- Esempio:** algoritmo **SCAN**
 - Serve in ordine ascendente i frame dispari
 - Serve in ordine discendente i frame pari

blocchi richiesti all'istante 0 ms

36 45 81 23 90 56 89 21 92 34



Ordine di servizio

21 23 34 36 45 56 81 89 90 92

blocchi richiesti all'istante 40 ms

61 3 17 85 72 41 80 55 9 28

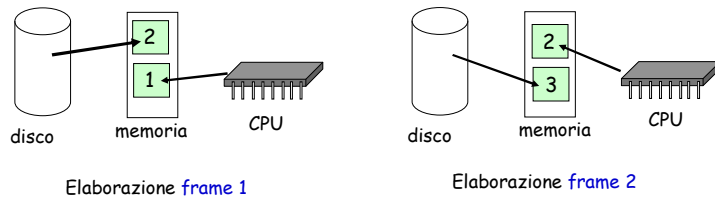


Ordine di servizio

85 80 72 61 55 41 28 17 9 3

Doppia bufferizzazione

- **PROBLEMA:** prelevare il dato dal disco quando serve potrebbe provocare un **flusso di dati non continuo** verso la CPU.
- **SOLUZIONE:** mentre e' in esecuzione l'elaborazione del frame k e' possibile "precaricare" il frame k+1 in maniera da trovarlo in memoria quando serve.
- Necessari **due buffer** per i frame pari e dispari



8. I sistemi multimedia

53

marco lapegna

Schedulazione dinamica del disco

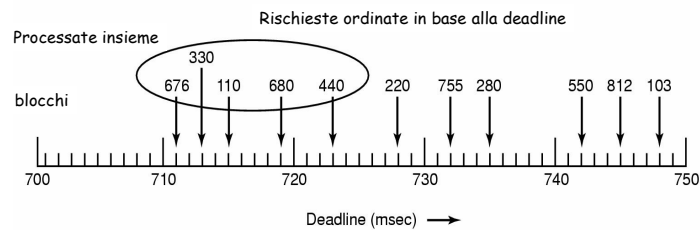
- Nel caso in cui i film sono di **differente formato**, non e' possibile raggruppare le richieste come descritto
- Comunque ogni film richiede i **frame sempre con la stessa frequenza**, per cui e' possibile **definire una scadenza** per ogni frame
- In tal caso si puo' usare un **algoritmo ibrido EDF/SCAN**
 - Vengono raggruppate un numero fissato di richieste con la scadenza piu' ravvicinate (EDF)
 - Tali richieste sono processate con **SCAN**

8. I sistemi multimedia

54

marco lapegna

esempio



- **Gruppi di 5** richieste con la **deadline piu' ravvicinata** vengono processate insieme con l'**algoritmo SCAN**

8. I sistemi multimedia

55

marco lapegna