Chương 5: Khôi phục sự cố

Nội dung chi tiết

- Giới thiệu
- Phân loại sự cố
- Mục tiêu của khôi phục sự cố
- Nhật ký giao tác (transaction log)
- Điểm lưu trữ (checkpoint)
  - Checkpoint đơn giản
  - Checkpoint linh động (nonquiescent checkpoint)
- Phương pháp khôi phục
  - Undo-Logging (immediate modification)
  - Redo-Logging (deferred modification)
  - Undo/Redo Logging

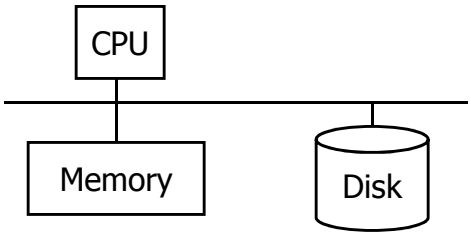
Nhắc lại

- Tính toàn vẹn - đúng đắn, chính xác của dữ liệu
- Tính toàn vẹn - nhất quán của ràng buộc
- Trạng thái nhất quán
  - Thỏa các ràng buộc toàn vẹn
- CSDL nhất quán
  - CSDL ở trạng thái nhất quán

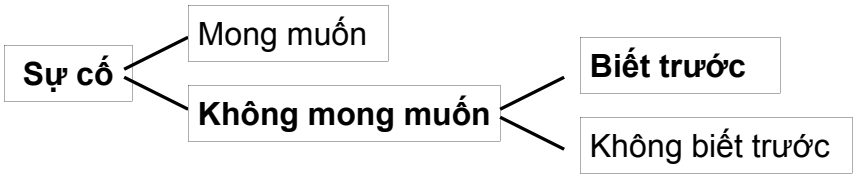
Giới thiệu

- Làm thế nào mà ràng buộc bị vi phạm?
  - Lỗi lập trình của các giao tác (transaction bug)
  - Lỗi lập trình của DBMS (DBMS bug)
  - Hư hỏng phần cứng (hardware failure)
  - Chia sẻ dữ liệu (data sharing)
- Làm thế nào để sửa lỗi và khôi phục?
  - Chia sẻ dữ liệu - chương 4
  - Sự cố - chương 5

Sự cố



Phân loại sự cố



- Sự cố do nhập liệu sai
- Sự cố trên thiết bị lưu trữ (media failure)
- Sự cố của giao dịch (transaction failure)
- Sự cố liên quan đến hệ thống (system failure)

Sự cố do nhập liệu sai

- Dữ liệu sai hiển nhiên
  - Nhập thiếu 1 số trong dãy số điện thoại
- Dữ liệu sai không thể phát hiện
  - Nhập sai 1 số trong dãy số điện thoại

- DBMS cung cấp các cơ chế cho phép phát hiện lỗi
  - Ràng buộc khóa chính, khóa ngoại
  - Ràng buộc miền giá trị
  - Trigger

Sự cố trên thiết bị lưu trữ

- Mất dữ liệu trên thiết bị lưu trữ
- Không thể truy cập lên thiết bị lưu trữ
- Ví dụ
  - Đầu đọc của đĩa cứng hư
  - Sector trên đĩa cứng hư

- DBMS áp dụng
  - Kỹ thuật RAID
  - Duy trì CSDL trên băng từ hoặc đĩa quang (archive)

Sự cố của giao tác

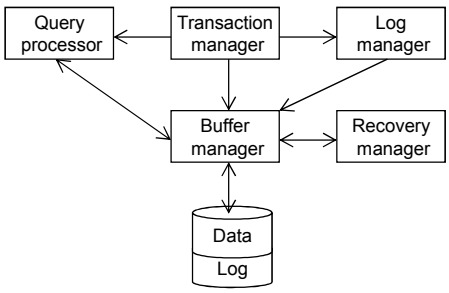
- Sự cố làm cho 1 giao tác kết thúc không bình thường
- Ví dụ
  - Chia cho không
  - Giao tác bị hủy
  - Dữ liệu nhập sai
  - Tràn số
- DBMS thực hiện lại giao tác

Sự cố hệ thống

- Mất dữ liệu của bộ nhớ trong
- Không thể truy cập bộ nhớ trong
- Ví dụ
  - Cúp điện
  - Lỗi phần mềm DBMS hoặc OS
  - Hư RAM
- DBMS cần cứu chữa và phục hồi dữ liệu
  - Nhật ký giao tác (transaction log)

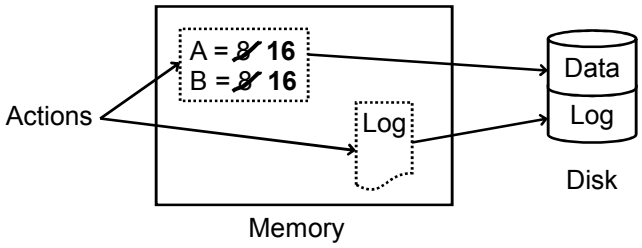
Mục tiêu của khôi phục sự cố

- Đưa CSDL về trạng thái nhất quán sau cùng nhất trước khi xảy ra sự cố
- Đảm bảo 2 tính chất của giao tác
  - Nguyên tố (atomic)
  - Bền vững (durability)



Nhật ký giao tác

- Nhật ký giao tác là một chuỗi các mẫu tin (log record) ghi nhận lại các hành động của DBMS
  - Một mẫu tin cho biết một giao tác nào đó đã làm những gì
- Nhật ký là một tập tin tuần tự được lưu trữ trên bộ nhớ chính, và sẽ được ghi xuống đĩa ngay khi có thể



Nhật ký giao tác (tt)

- Mẫu tin nhật ký gồm có
  - <start T>
    - Ghi nhận giao tác T bắt đầu hoạt động
  - <commit T>
    - Ghi nhận giao tác T đã hoàn tất
  - <abort T>
    - Ghi nhận giao tác T bị hủy
  - <T, X, v, w>
    - Ghi nhận giao tác T cập nhật lên đơn vị dữ liệu X
    - X có giá trị trước khi cập nhật là v và sau khi cập nhật là w

Nhật ký giao tác (tt)

- Khi sự cố hệ thống xảy ra
  - DBMS sẽ tra cứu nhật ký giao tác để khôi phục những gì mà các giao tác đã làm
- Để sửa chữa các sự cố
  - Một vài giao tác sẽ phải thực hiện lại (redo)
    - Những giá trị đã cập nhật xuống CSDL sẽ phải cập nhật lần nữa
  - Một vài giao tác không cần phải thực hiện lại (undo)
    - CSDL sẽ được khôi phục về lại trạng thái trước khi thực hiện

Nội dung chi tiết

- Giới thiệu
- Phân loại sự cố
- Mục tiêu của khôi phục sự cố
- Nhật ký giao tác (transaction log)
- Điểm lưu trữ (checkpoint)
  - Checkpoint đơn giản
  - Checkpoint linh động (nonquiescent checkpoint)
- Phương pháp khôi phục

Điểm lưu trữ

- Quá trình tra cứu nhật ký mất nhiều thời gian
  - Do phải quét hết tập tin nhật ký
- Thực hiện lại các giao tác đã được ghi xuống đĩa làm cho việc phục hồi diễn ra lâu hơn

→ Checkpoint

- Nhật ký giao tác có thêm mẫu tin <checkpoint> hay <ckpt>
- Mẫu tin <checkpoint> sẽ được ghi xuống nhật ký định kỳ
  - Vào thời điểm mà DBMS ghi tất cả những gì thay đổi của CSDL từ vùng đệm xuống đĩa

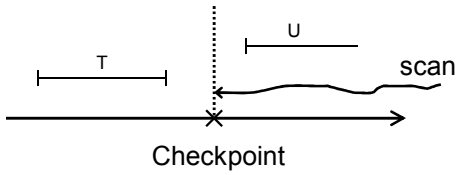
Điểm lưu trữ đơn giản

- Khi đến điểm lưu trữ, DBMS
  - (1) Tạm dừng tiếp nhận các giao tác mới
  - (2) Đợi các giao tác đang thực hiện
    - Hoặc là hoàn tất (commit)
    - Hoặc là hủy bỏ (abort)

    và ghi mẫu tin <commit T> hay <abort T> vào nhật ký
  - (3) Tiến hành ghi nhật ký từ vùng đệm xuống đĩa
  - (4) Tạo 1 mẫu tin <checkpoint> và ghi xuống đĩa
  - (5) Tiếp tục nhận các giao tác mới

Điểm lưu trữ đơn giản (tt)

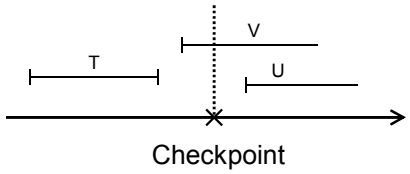
- Các giao tác ở phía trước điểm lưu trữ là những giao tác đã kết thúc → không cần làm lại
- Và sau điểm lưu trữ là những giao tác chưa thực hiện xong → cần khôi phục
- Không phải duyệt hết nhật ký
  - Duyệt từ cuối nhật ký đến điểm lưu trữ



Điểm lưu trữ linh động

- Trong thời gian checkpoint hệ thống gần như tạm ngưng hoạt động
  - Chờ các giao tác hoàn tất hoặc hủy bỏ

→ Nonquiescent checkpoint
  - Cho phép tiếp nhận các giao tác mới trong quá trình checkpoint
  - Mẫu tin <start ckpt (T_1, T_2, …, T_k)>
  - Mẫu tin <end ckpt>



Điểm lưu trữ linh động (tt)

- Khi đến điểm lưu trữ, DBMS
  - (1) Tạo mẫu tin <start ckpt (T_1, T_2,…, T_k)> và ghi xuống đĩa
    - T_1, T_2, …, T_k là những giao tác đang thực thi
  - (2) Chờ cho đến khi T_1, T_2, …, T_k hoàn tất hay hủy bỏ, nhưng không ngăn các giao tác mới bắt đầu
  - (3) Khi T_1, T_2, …, T_k thực hiện xong, tạo mẫu tin <end ckpt> và ghi xuống đĩa

Nội dung chi tiết

- Giới thiệu
- Phân loại sự cố
- Mục tiêu của khôi phục sự cố
- Nhật ký giao tác (transaction log)
- Điểm lưu trữ (checkpoint)
- Phương pháp khôi phục
  - Undo-Logging (immediate modification)
  - Redo-Logging (deferred modification)
  - Undo/Redo Logging

Phương pháp Undo-Logging

- Qui tắc
  - (1) Một thao tác phát sinh ra 1 mẫu tin nhật ký
    - Mẫu tin của thao tác cập nhật chỉ ghi nhận lại giá trị cũ
    - <T, X, v>
  - (2) Trước khi X được cập nhật xuống đĩa, mẫu tin <T, X, v> đã phải có trên đĩa
  - (3) Trước khi mẫu tin <commit, T> được ghi xuống đĩa, tất cả các cập nhật của T đã được phản ánh lên đĩa
    - Flush-log: chỉ chép những block mẫu tin nhật ký mới chưa được chép trước đó

Ví dụ

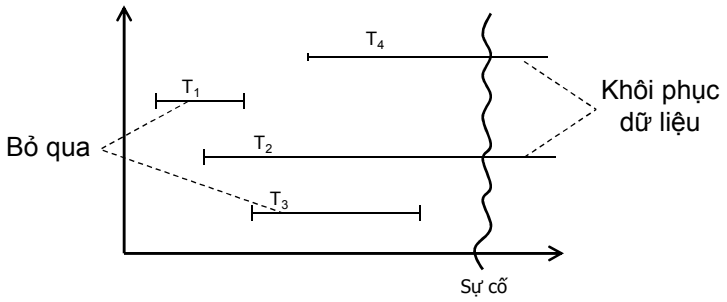
Bước	Hành động	t	Mem A	Mem B	Disk A	Disk B	Mem Log
1							<start T>
2	Read(A,t)	8	8		8	8	
3	t:=t*2	16	8		8	8	
4	Write(A,t)	16	16		8	8	<T, A, 8>
5	Read(B,t)	8	16	8	8	8	
6	t:=t*2	16	16	8	8	8	
7	Write(B,t)	16	16	16	8	8	<T, B, 8>
8	**Flush log**						
9	Output(A)	16	16	16	16	8	
10	Output(B)	16	16	16	16	16	
11							<commit T>
12	**Flush log**						

Phương pháp Undo-Logging (tt)

- Khôi phục
  - (1) Gọi S là tập các giao tác chưa kết thúc
    - Có <start T_i> trong nhật ký nhưng
    - Không có <commit T_i> hay <abort T_i> trong nhật ký
  - (2) Với mỗi mẫu tin <T_i, X, v> trong nhật ký (theo thứ tự cuối tập tin đến đầu tập tin)
    - Nếu $T_i \in S$ thì
      - Write(X, v)
      - Output(X)
  - (3) Với mỗi $T_i \in S$
    - Ghi mẫu tin <abort T_i> lên nhật ký

Phương pháp Undo-Logging (tt)

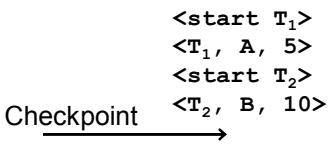
- Khi có sự cố
  - T_1 và T_3 đã hoàn tất
  - T_2 và T_4 chưa kết thúc



Ví dụ

Bước	Hành động	t	Mem A	Mem B	Disk A	Disk B	Mem Log	
1							<start T>	
2	Read(A,t)	8	8		8	8		
3	t:=t*2	16	8		8	8		
4	Write(A,t)	16	16		8	8	<T, A, 8>	
5	Read(B,t)	8	16	8	8	8		
6	t:=t*2	16	16	8	8	8		
7	Write(B,t)	16	16	16	8	8	<T, B, 8>	**A và B không thay đổi nên không cần khôi phục**
8	**Flush log**							
9	Output(A)	16	16	16	16	8		
10	Output(B)	16	16	16	16	16		
11							<commit T>	**Khôi phục A=8 và B=8**
12	**Flush log**							**Không cần khôi phục A và B**

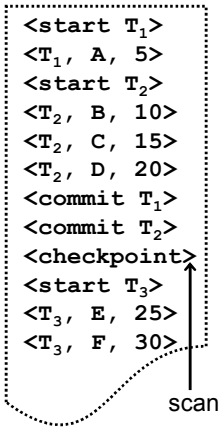
Undo-Logging & Checkpoint



- Vì T_1 và T_2 đang thực thi nên chờ
- Sau khi T_1 và T_2 hoàn tất hoặc hủy bỏ
- Ghi mẫu tin <checkpoint> lên nhật ký

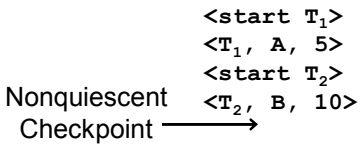
Undo-Logging & Checkpoint (tt)

- Ví dụ



- <T_3, F, 30>
  - T_3 chưa kết thúc
  - Khôi phục F=30
- < T_3, E, 25 >
  - Khôi phục E=25
- <checkpoint>
  - Dừng

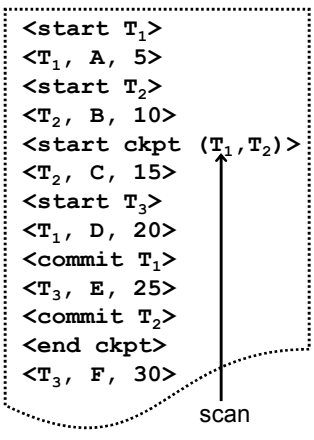
Undo-Logging & Checkpoint (tt)



- Vì T_1 và T_2 đang thực thi nên tạo <start ckpt (T_1,T_2)>
- Trong khi chờ T_1 và T_2 kết thúc, DBMS vẫn tiếp nhận các giao tác mới
- Sau khi T_1 và T_2 kết thúc, ghi <end ckpt> lên nhật ký

Undo-Logging & Checkpoint (tt)

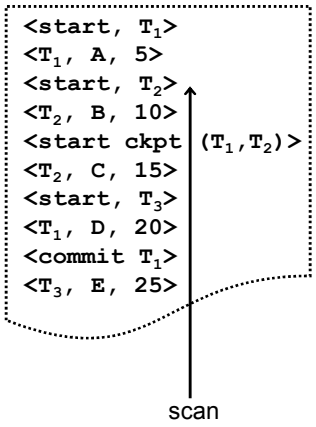
❑ Ví dụ 1 >



- <T_3, F, 30>
  - T_3 chưa kết thúc
  - Khôi phục F=30
- <end ckpt>
  - Những giao tác bắt đầu trước <start ckpt> đã hoàn tất
  - T_1 và T_2 đã hoàn tất
- < T_3, E, 25 >
  - Khôi phục E=25
- <start ckpt (T_1, T_2)>
  - Dừng

Undo-Logging & Checkpoint (tt)

❑ Ví dụ 2



- <T_3, E, 25>
  - T_3 chưa kết thúc
  - Khôi phục E=25
- <commit T_1>
  - T_1 bắt đầu trước <start ckpt> và đã hoàn tất
- <T_2, C, 15>
  - T_2 bắt đầu trước <start ckpt> và chưa kết thúc
  - Khôi phục C=15
- <start ckpt (T_1, T_2)>
  - Chỉ có T_1 và T_2 bắt đầu trước đó
- < T_2, B, 10 >
  - Khôi phục B=10
- <start T_2>
  - Dừng

Phương pháp Redo-Logging

- Qui tắc
  - (1) Một thao tác phát sinh ra 1 mẫu tin nhật ký
    - Mẫu tin của thao tác cập nhật chỉ ghi nhận lại giá trị mới
    - <T, X, w>
  - (2) Trước khi X được cập nhật xuống đĩa, tất cả các mẫu tin nhật ký của giao tác cập nhật X đã phải có trên đĩa
    - Bao gồm mẫu tin cập nhật <T, X, w> và <commit T>
  - (3) Khi T hoàn tất, tiến hành ghi nhật ký xuống đĩa
    - Flush-log: chỉ chép những block mẫu tin nhật ký mới chưa được chép trước đó

Ví dụ

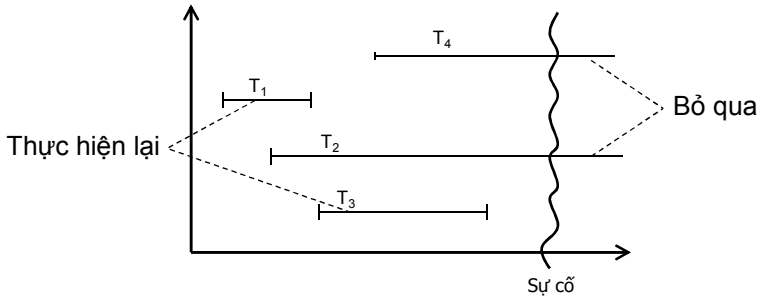
Bước	Hành động	t	Mem A	Mem B	Disk A	Disk B	Mem Log
1							<start T>
2	Read(A,t)	8	8		8	8	
3	t:=t*2	16	8		8	8	
4	Write(A,t)	16	16		8	8	<T, A, 16>
5	Read(B,t)	8	16	8	8	8	
6	t:=t*2	16	16	8	8	8	
7	Write(B,t)	16	16	16	8	8	<T, B, 16>
8							<commit T>
9	**Flush log**						
10	Output(A)	16	16	16	16	8	
11	Output(B)	16	16	16	16	16	

Phương pháp Redo-Logging (tt)

- Khôi phục
  - (1) Gọi S là tập các giao tác hoàn tất
    - Có mẫu tin <commit T_i> trong nhật ký
  - (2) Với mỗi mẫu tin <T_i, X, w> trong nhật ký (theo thứ tự cuối tập tin đến đầu tập tin)
    - Nếu $T_i \in S$ thì
      - Write(X, w)
      - Output(X)
  - (3) Với mỗi $T_j \notin S$
    - Ghi mẫu tin <abort T_j> lên nhật ký

Phương pháp Redo-Logging (tt)

- Khi có sự cố
  - T_1 và T_3 đã hoàn tất
  - T_2 và T_4 chưa kết thúc



Ví dụ

Bước	Hành động	t	Mem A	Mem B	Disk A	Disk B	Mem Log
1							<start T>
2	Read(A,t)	8	8		8	8	
3	t:=t*2	16	8		8	8	
4	Write(A,t)	16	16		8	8	<T, A, 16>
5	Read(B,t)	8	16	8	8	8	
6	t:=t*2	16	16	8	8	8	
7	Write(B,t)	16	16	16	8	8	<T, B, 16>
8							<commit T>
9	**Flush log**						
10	Output(A)	16	16	16	16	8	
11	Output(B)	16	16	16	16	16	

Xem như T chưa hoàn tất, A và B không có thay đổi

Thực hiện lại T, ghi A=16 và B=16

Thực hiện lại T, ghi A=16 và B=16

Redo-Logging & Checkpoint

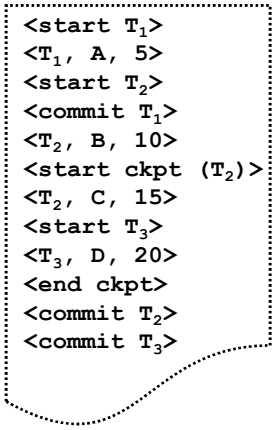
- Nhận xét
  - Phương pháp Redo thực hiện ghi dữ liệu trễ so với thời điểm hoàn tất của các giao tác
  - <start ckpt>
    - Thực hiện ghi xuống đĩa những dữ liệu đã hoàn tất mà trước đó chưa được ghi
  - <end ckpt>
  - Mẫu tin <end ckpt> được ghi vào nhật ký mà không phải đợi các giao tác hoàn tất (commit) hoặc hủy bỏ (abort)

Redo-Logging & Checkpoint (tt)

- Đến điểm lưu trữ, DBMS
  - (1) Tạo mẫu tin <start ckpt (T_1, T_2,…, T_k)> và ghi xuống đĩa
    - T_1, T_2, …, T_k là những giao tác đang thực thi
  - (2) Ghi xuống đĩa những dữ liệu của các giao tác đã hoàn tất trên vùng đệm
  - (3) Tạo mẫu tin <end ckpt> và ghi xuống đĩa

Redo-Logging & Checkpoint (tt)

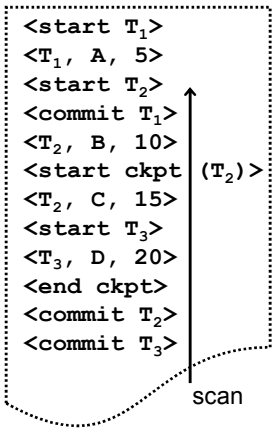
❑ Ví dụ 1



- T_1 đã hoàn tất trước <start ckpt>
  - Có thể đã được ghi xuống đĩa
  - Nếu chưa thì trước khi <end ckpt> cũng được ghi xuống đĩa
- Sau <start ckpt>
  - T_2 đang thực thi
  - T_3 bắt đầu
- Sau <end ckpt>
  - T_2 và T_3 hoàn tất

Redo-Logging & Checkpoint (tt)

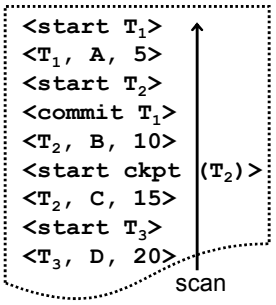
❑ Ví dụ 1



- Tìm thấy <end ckpt>
- Chỉ xét T_2 và T_3
- <commit T_2>
  - Thực hiện lại T_2
  - Ghi C=15 và B=10
- <commit T_3>
  - Thực hiện lại T_3
  - Ghi D=20

Redo-Logging & Checkpoint (tt)

- Ví dụ 2



- T_2 và T_3 chưa hoàn tất
  - Không thực hiện lại
- T_1 đã hoàn tất
  - Thực hiện lại T_1
  - Ghi A=5

Nhận xét

- Undo-logging (immediate modification)
  - Khi giao tác kết thúc, dữ liệu được ghi xuống đĩa ngay lập tức
  - Truy xuất đĩa nhiều
- Redo-logging (deferred modification)
  - Giữ lại các cập nhật trên vùng đệm cho đến khi giao tác hoàn tất và mẫu tin nhật ký được ghi xuống đĩa
  - Tốn nhiều bộ nhớ

IS Phương pháp Undo/Redo-Logging

- Qui tắc
  - (1) Một thao tác phát sinh ra 1 mẫu tin nhật ký
    - Mẫu tin của thao tác cập nhật ghi nhận giá trị cũ và mới của một đơn vị dữ liệu
    - <T, X, v, w>
  - (2) Trước khi X được cập nhật xuống đĩa, các mẫu tin cập nhật <T, X, v, w> đã phải có trên đĩa
  - (3) Khi T hoàn tất, tạo mẫu tin <commit T> trên nhật ký và ghi xuống đĩa

IS Ví dụ

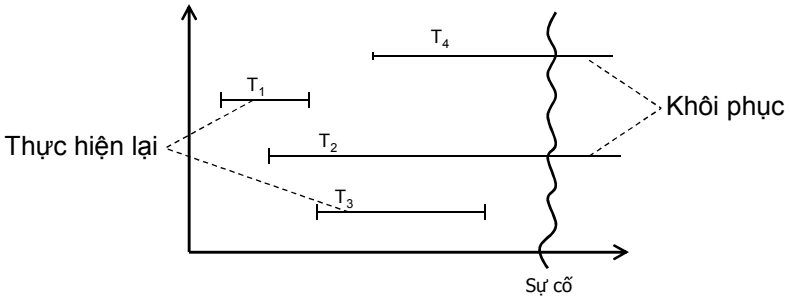
Bước	Hành động	t	Mem A	Mem B	Disk A	Disk B	Mem Log
1							<start T>
2	Read(A,t)	8	8		8	8	
3	t:=t*2	16	8		8	8	
4	Write(A,t)	16	16		8	8	<T, A, 8, 16>
5	Read(B,t)	8	16	8	8	8	
6	t:=t*2	16	16	8	8	8	
7	Write(B,t)	16	16	16	8	8	<T, B, 8, 16>
8	**Flush log**						
9	Output(A)	16	16	16	16	8	
10							<commit T>
11	Output(B)	16	16	16	16	16	

IS Phương pháp Undo/Redo-Logging (tt)

- Khôi phục
  - (1) Khôi phục lại (undo) những giao tác chưa kết thúc
    - Theo thứ tự từ cuối nhật ký đến đầu nhật ký
  - (2) Thực hiện lại (redo) những giao tác đã hoàn tất
    - Theo thứ tự từ đầu nhật ký đến cuối nhật ký

IS Phương pháp Undo/Redo-Logging (tt)

- Khi gặp sự cố
  - T_1 và T_3 đã hoàn tất
  - T_2 và T_4 chưa kết thúc



Ví dụ

Bước	Hành động	t	Mem A	Mem B	Disk A	Disk B	Mem Log	
1							<start T>	
2	Read(A,t)	8	8		8	8		
3	t:=t*2	16	8		8	8		
4	Write(A,t)	16	16		8	8	<T, A, 8, 16>	
5	Read(B,t)	8	16	8	8	8		
6	t:=t*2	16	16	8	8	8		
7	Write(B,t)	16	16	16	8	8	<T, B, 8, 16>	
8	**Flush log**							
9	Output(A)	16	16	16	16	8		**T chưa kết thúc, khôi phục A=8**
10							<commit T>	**<commit T> đã được ghi xuống đĩa, thực hiện lại T, A=16 và B=16**
11	Output(B)	16	16	16	16	16		

Undo/Redo-Logging & Checkpoint

- Khi đến điểm lưu trữ, DBMS
  - (1) Tạo mẫu tin <start ckpt (T_1, T_2,…, T_k)> và ghi xuống đĩa
    - T_1, T_2, …, T_k là những giao tác đang thực thi
  - (2) Ghi xuống đĩa những dữ liệu đang nằm trên vùng đệm
    - Những đơn vị dữ liệu được cập nhật bởi các giao tác
  - (3) Tạo mẫu tin <end ckpt> trong nhật ký và ghi xuống đĩa

IS Undo/Redo-Logging & Checkpoint (tt)

❑ Ví dụ 1

<start T_1>
<T_1, A, 4, 5>
<start T_2>
<commit T_1>
<T_2, B, 9, 10>
<start ckpt (T_2)>
<T_2, C, 14, 15>
<start T_3>
<T_3, D, 19, 20>
<end ckpt>
<commit T_2>
<commit T_3>

- T_1 đã hoàn tất trước <start ckpt>
  - Có thể đã được ghi xuống đĩa
  - Nếu chưa thì trước khi <end ckpt> cũng được ghi xuống đĩa
- Giá trị B=10 đã được ghi xuống đĩa

IS Undo/Redo-Logging & Checkpoint (tt)

❑ Ví dụ 1

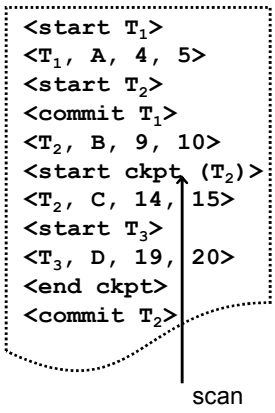
<start T_1>
<T_1, A, 4, 5>
<start T_2>
<commit T_1>
<T_2, B, 9, 10>
<start ckpt (T_2)>
<T_2, C, 14, 15>
<start T_3>
<T_3, D, 19, 20>
<end ckpt>
<commit T_2>
<commit T_3>

scan

- Tìm thấy <end ckpt>
  - T_1 không cần thực hiện lại
- Xét T_2 và T_3
- <commit T_2>
  - Thực hiện lại T_2 và ghi C=15
  - Không cần ghi B
- <commit T_3>
  - Thực hiện lại T_3 và ghi D=20

IS Undo/Redo-Logging & Checkpoint (tt)

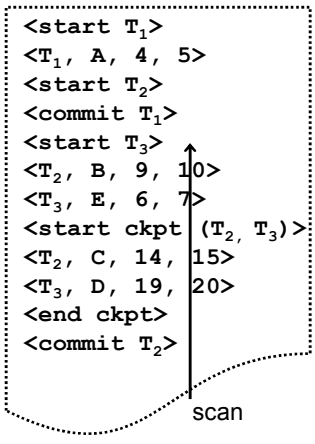
❑ Ví dụ 2



- Tìm thấy <end ckpt>
  - T_1 không cần thực hiện lại
- Xét T_2 và T_3
- <commit T_2>
  - Thực hiện lại T_2 và ghi C=15
  - Không cần ghi B
- T_3 chưa kết thúc
  - Khôi phục D=19

IS Undo/Redo-Logging & Checkpoint (tt)

❑ Ví dụ 3



- Tìm thấy <end ckpt>
  - T_1 không cần thực hiện lại
- Xét T_2 và T_3
- <commit T_2>
  - Thực hiện lại T_2 và ghi C=15
  - Không cần ghi B
- T_3 chưa kết thúc
  - Khôi phục D=19 và E=6


Q&
A