



Transaktionhallinta - elvytys

- Jokaisella lokikirjauksella on yksikäsitteinen **tunnus** (log sequence number, LSN)
- Lokin muutokirjauksessa esiintyvä tietoalkio x voi olla periaatteessa mitä tahansa yksittäisestä merkistä koko sivuun. Tyypillisiä:
 - Sivu
 - loki kasvaa suureksi
 - Relaation rivi
 - lokiteidosto vie vähemmän tilaa kuin kokonaisten muutettujen sivujen kirjaus
 - Rivin tunnustiedot + tietoalkion tunnustiedot + tietoalkion arvo
 - vielä vähemmän tilaa, mutta käsittely työläämpää

1



Transaktionhallinta - elvytys

- Lokitiedostoa käsitellään kuten muitakin tiedostoja, ts. lokitietue viedään ensin puskurisivulle, sitten aikanaan esim. puskurisivun täyttyessä tai viimeistään transaktion sitoutuessa levyille.
 - lokietuet voidaan myös 'pakkokirjoittaa' levyille (kirjoitetaan välittömästi)
- Häiriön sattuessa vain levyllä oleva lokin osa on varmuudella käytettävissä.
 - Yleensä lokin käytettävyyttä varmistetaan vielä levyvirheiden varalta esimerkiksi useamman tiedoston vuorottelulla, ja varmistamalla levyllä oleva loki ajoittain nauhalle (tai toiselle levy-yksikölle).

2



Transaktionhallinta - elvytys

Loki sitoutumisessa:

- transaktio T on sitoutunut silloin ja vain silloin, kun lokista löytyy sitoutumismerkintä (commit, T)
- levyllä olevien lokitietueiden perusteella selviää,
 - mitkä transaktiot olivat häiriön sattumishetkellä sitoutuneita ja mitkä kesken: commit, abort (+ start)
 - mitä on kirjoitettu (+ vanha arvo): write-tietue

3



Transaktionhallinta - elvytys

- Commit-pyyntöön toteuttaminen aiheuttaa tkhj:ssa joukon samanaikaisiin transaktioihin liittyviä tarkistuksia.
- Sitoutuminen tehdään ns. **sitoutumiskäytännön** (commit protocol) mukaisesti:
 - kirjoitetaan lokiin sitoutumismerkintä (commit, T)
 - pakkokirjoitetaan loki levyille (kirjoitetaan kaikki lokin sivut, jotka ovat toistaiseksi vasta puskureissa)
 - vapautetaan transaktion T mahdollisesti varaamat resurssit (mm. samanaikaisia toimintoja säätelevät lukot transaktion käsittelemiin tietoalkioihin).
 - kuitataan sitoutuminen tehdyksi
- Huom. Päivitettyjä **datasivuja ei pakoteta levyille**, ts. **lokia** viedään levyille aina **'ennen dataa'**. Tätä sanotaan WAL-käytännöksi (**write-ahead-logging**), ja sitä noudatetaan myös kirjoitettaessa tietosivuja levyille välittömien päivitysten yhteydessä.

4



Transaktionhallinta - elvytys

- Rollback-pyyntöön toteutus aiheuttaa tapahtuman tekemien muutosten peruutuksen
 - Käydään läpi lokista löytyvät peruttavaan transaktioon liittyvät kirjoitusmerkinnät lopusta alkuun ja korvataan kukin tietoalkio alkukuvallaan.
 - Kirjoitetaan lokiin keskeytysmerkintä (abort)
- Jos jokin toinen transaktio olisi lukenut sellaisen tietoalkion arvon, joka peruutuksessa korvautuu vanhalla arvolla, pitäisi myös tämä toinen transaktio perua (ns. cascading rollback, vyöryvä peruutus)
 - käytännössä näin ei kuitenkaan käy, sillä **tapahtumille hyväksytään vain sellaisia suoritusrjestyksiä, joissa tämä välitetään.**

5



Transaktionhallinta - elvytys

Tarkistuspiste (checkpoint)

- Tarkistuspisteessä viedään levyille asti kaikki puskureissa olevat tietokantasivujen päivitykset
 - seuraavien häiriöiden yhteydessä tarvittavat elvytystoimenpiteet vähenevät

Tarkistuspiste sisältää seuraavat toiminnot:

- estetään väliaikaisesti transaktioiden suoritus
- pakkokirjoitetaan kaikki transaktioiden päivittämät sivut puskurista levyille
- kirjoitetaan lokiin tarkistuspistekirjaus ja pakkokirjoitetaan loki levyille
- sallitaan transaktioiden jatkaa suoritustaan

6



Transaktionhallinta - elvytys

- Transaktioiden estäminen ja pakkokirjoituksen kesto voivat hidastaa normaalitoimintaa.
- Vaiheiden 2 ja (3, 4) järjestys voidaan vaihtaa, kun säilytetään edellinen loppuun suoritettu tarkistuspiste (viimeisenä virallisena), kunnes kaikki sivut ovat levyllä.
- Tarkistuspisteiden taajuus on tietokannan hoitajan päätettävissä.
 - Järkevä taajuus riippuu tietokannan päivitystiheydestä ja häiriöalttiudesta:
 - esim. 4 kertaa tunnissa tai
 - kun tietty määrä transaktioita on sitoutunut edellisen tarkistuspisteen jälkeen.

7



Transaktionhallinta - elvytys

Yleinen lokiin perustuva elvytysalgoritmi:

1. Luetaan lokia levyltä ja muodostetaan kaksi transaktioliistaa:
 - **Keskeneräiset** = transaktiot, joille on lokissa aloituskirjaus (start), mutta ei sitoutumiskirjausta (commit) eikä viimeistä tarkistuspistettä edeltävää keskeytyskirjausta (abort)
 - keskeytyskirjaus ennen tarkistuspistettä:
 - muutosten peruutukset on merkitty puskuriiin ja huomattu tarkistuspisteessä
 - **Sitoutuneet** = transaktiot, joille on lokissa sitoutumiskirjaus viimeisen tarkistuspisteen jälkeen

8



Transaktionhallinta - elvytys

2. perutaan (undo) **keskeneräiset**-listan transaktioiden kirjoitusoperaatiot selaamalla lokia **lopusta alkuun** päin:
 - jokaista löytyvää muutoskirjausta (write,T,x,vanha,uusi) kohti suoritetaan operaatio write(x, vanha) (palautetaan tietoaikion x alkukuva voimaan)
3. uusitaan (redo) **sitoutuneet** listan transaktioiden kirjoitusoperaatiot selaamalla lokia **alusta loppuun** päin:
 - jokaista löytyvää muutoskirjausta (write,T,x,vanha,uusi) kohti suoritetaan operaatio write(x, uusi) (saatetaan siis tietoaikion jälkikuva uudelleen voimaan)

9



Transaktionhallinta - elvytys

- Esimerkki. Olkoon levyllä oleva lokin sisältö häiriötilanteessa seuraava :

<ol style="list-style-type: none"> 1: (start, T1) 2: (start, T2) 3: (write, T1, x1, 'AAA', 'BBB') 4: (commit, T1) 5: (write, T2, X1, 'BBB', 'CCC') 6: (checkpoint) 7: (write, T2, x2, '0000', '1111') 8: (start, T3) 9: (commit, T2) 10: (write, T3, x1, 'CCC', 'DDD') 11: (write, T3, x2, '1111', '2222') 	<p>Elvytysjärjestelmä lukee lokia levyltä ja muodostaa listat L1 = <T3>, L2 = <T2></p> <p>peruu transaktion T3 operaatiot suorittamalla:</p> <p>write(x2, '1111') (11) write(x1, 'CCC') (10)</p> <p>suorittaa uudelleen transaktion T2 operaatiot</p> <p>write(x1, 'CCC') (5) write(x2, '1111') (7)</p>
---	---

10



Transaktionhallinta - elvytys

- Edellä kuvatussa algoritmossa tehdään uusinnan yhteydessä turhia kirjoituksia:
 - ennen tarkistuspistettä suoritettua kirjoitusoperaatiota ei tarvitse uusita (esimerkissä rivi 5), sillä se on tarkistuspisteessä hoidettu levyllä.
 - tarkistuspisteen jälkeen tehtyä kirjoitusoperaatiota, jonka tulos on ehtinyt levyllä ennen häiriötilannetta, ei tarvitse uusita
 - Tilanne saadaan selville tallentamalla datasisivun tunnistietueeseen viimeisen sivulle tehtyä päivitystä vastaavaan lokitietueen tunnus (kenttä pageLSN)
 - Myös perumiskirjoitus (undo) voi olla turha, sillä sellaisia kirjoituksia, joiden tulos ei ole ehtinyt levyllä, ei tarvitse perua
- uusimis-/perumiskirjoituksen tarve selviää vertaamalla lokitietueen tunnusta (LSN) ja datasisivun pageLSN –kenttää:
 - undo tarvitaan, jos LSN <= pageLSN
 - redo tarvitaan, jos LSN > pageLSN

11



Transaktionhallinta - elvytys

- Jos pageLSN(x1) = 10, pageLSN(x2) = 7, niin vain write(x1,'CCC') tarvitaan

<ol style="list-style-type: none"> 1: (start, T1) 2: (start, T2) 3: (write, T1, x1, 'AAA', 'BBB') 4: (commit, T1) 5: (write, T2, X1, 'BBB', 'CCC') 6: (checkpoint) 7: (write, T2, x2, '0000', '1111') 8: (start, T3) 9: (commit, T2) 10: (write, T3, x1, 'CCC', 'DDD') 11: (write, T3, x2, '1111', '2222') 	<p>Elvytysjärjestelmä lukee lokia levyltä ja muodostaa listat L1 = <T3>, L2 = <T2></p> <p>peruu transaktion T3 operaatiot suorittamalla:</p> <p>write(x2, '1111') (11) write(x1, 'CCC') (10)</p> <p>suorittaa uudelleen transaktion T2 operaatiot</p> <p>write(x1, 'CCC') (5) write(x2, '1111') (7)</p>
---	---

12



Transaktionhallinta - elvytys

- Häiriö voi sattua myös kesken elvytyksen
 - Tällöin oleellista on, että elvytysprosessin peräkkäiset suoritukset tuottavat saman tuloksen
- Edellä kuvattu elvytys ei kirjaa lokiin mitään, joten siinä lähdetään uudelleen liikkeelle samasta lähtötilanteesta, pageLSN kentät sivuilla ovat voineet muuttua, jos sivu on viety levyille mutta lopputulos on sama.
- Käytännössä kirjataan peruutusten yhteydessä lokiin yleensä myös kompesaatiomerkinnot, joista näkee mitä peruutuksia on tehty. Näitä ei kuitenkaan tarvita elvytyksessä.
- Elvytyksestä on erilaisia muunnelmia riippuen siitä minkälaista puskurien levykirjoituspolitiikkaa käytetään.