

**Tietokantojen hakemistorakenteet**

- Hakemistorakenteiden (indeksien) tarkoituksena on nopeuttaa tietojen hakua tietokannasta.
- Hakemisto voi olla 'ylimääräinen' oheishakemisto (secondary index), esimerkiksi kasarakenteen päälle rakennettu rakenne, joka tarjoaa vaihtoehdoisen saantipolun, joidenkin kyselyjen toteutukseen
  - oheishakemistoja voi tiedostoon liittyä useita eri perustein muodostettuja
- Hakemisto voi olla myös välttämätön osa tiedostorakennetta (primary index, clustered index). Tällöin tiedoston tietueet järjestellään hakemiston tarpeiden mukaisesti.

**Hakemistotyypeistä**

- Hakemisto**
  - koostuu hakemistomerkinnoista (index entry)
  - perustuu johonkin muodostusperustaan (indexing field), eli yhteen tai useampaan tietueen kenttään
  - on relaatiotietokantojen yhteydessä yleensä kentän koko arvoon perustuva
    - tietueesta on samassa hakemistossa enintään yksi hakemistomerkinä
    - vrt. esim. tekstitietokannoissa samaan hakemistoon voi tulla useita merkintöjä saman kentän (teksti) perusteella (jokainen kentässä oleva sana aiheuttaa merkinnän)

**Hakemistotyypeistä**

Kokonaisiin arvoihin perustuva indeksi (kenttä TEXT):

Index file has index entries	
Data file has data records	

TEXT:

Index file has index entries			
Data file has data records			

DATA

... data file file has has ...

avainsanaindeksi (samasta kentästä useita merkintöjä)

**Hakemistotyypeistä**


- Hakemisto voi olla**
  - tiheä (dense)
    - tiheässä hakemistossa on hakemistomerkinä jokaista tiedoston tietuetta kohti (taulun riviä kohti)
  - harva (sparse)
    - harvassa hakemistossa on yksi hakemistomerkinä jokaista tietyllä periaatteella määräytyvää tietuejoukkoa kohti

**Hakemistotyypeistä**


- Hakemistomerkinä sisältää vähintään**
  - hakemistoavaimen (indexing key)
    - muodostusperustan määrittelemänä tietueesta tai tietuejoukosta tuotettu tunnus – yleensä suoraan kentän arvo
  - yhden tietuetunnisteen tai
  - joukon tietuetunnisteita
    - (mikäli sama avain esiintyy useassa tietueessa)

**Hakemiston toteutuksesta**


- Teknisesti hakemistokin on tiedosto**
  - muodostuu sivuista (hakemistosivu)
    - hakemistomerkinät ovat tietueita
  - tarvitsee käsittelyä varten puskureita
    - koska useat tietokantahaut saattavat edellyttää hakemiston käyttöä pyrkivät tkh:ien puskurienhallintarutiinit suosimaan hakemistosivujen säilymistä puskureissa

 Hakemiston toteutuksesta


- Hakemisto voitaisiin toteuttaa aiemmin käsiteltyjen tiedostorakenteiden avulla
  - kasa, järjestetty peräkkäistiedosto, hajautusrakenne
    - näistä käytännössä käytössä on vain hajautusrakenne ns. hash index rakenteena.
- Hakemistoja varten on kehitetty myös erityisiä hakemistokäyttöön tarkoitettuja rakenteita (esim. B+-puu, tarkastellaan myöhemmin)

 Hakemiston käyttö


- Haku hakemistoa käyttäen on kaksivaiheista
  - ensin etsitään hakemistomerkintä hakemistosivuilta ja
  - hakemistomerkinnän perusteella haetaan tietueen (tietueet) sisältävä sivu(t)
- Tietueen hakua varten tarvitaan siis vähintään kaksi levyhakua (elleivät sivut ole puskurissa)
- Hakemistotietuetta voidaan joutua etsimään usealta hakemistosivulta.
  - Koska hakemistomerkinnät ovat yleensä lyhyempiä kuin varsinaiset tietueet, niitä mahtuu sivulle useampia ja sivuja on vähemmän
  - Seuraus: hakemiston kautta on nopeampi etsiä tietuetta

 Hakemiston käyttö


- Ns. lihava hakemisto (fat index) sisältää varsinaisen hakukriteeritiedon lisäksi toistettua tietokannan dataa hakemistomerkinnässä
  - esimerkiksi opiskelijatietojen hakua varten riittäisi tehdä hakemisto opiskelijanumeron perusteella, mutta koska opiskelijanumerolla haettaessa lähes aina kysytään opiskelijan nimeä otetaan nimikin mukaan hakemiston hakemistoavaimen
  - jos haku kohdistuu pelkästään hakemistomerkinnästä löytyvään tietoon ei varsinaista tietuetta tarvitse hakea lainkaan.
- Esimerkiksi Oracle tarjoaa yhtenä vaihtoehtona taululle 'index only' -toteutusta. Tässä ratkaisussa ei ole lainkaan datatietueita vaan kaikki data on hakemistomerkinnöissä (= B-puu).

 Hakemiston käyttö


- Muutokset tiedostossa saattavat edellyttää muutoksia hakemistoon
  - Tietueen lisäys tiedostoon edellyttää hakemistomerkinnän lisäämistä (tai merkintöjen muuttamista) kaikkiin kyseiseen tiedostoon liitettyihin tiheisiin hakemistoihin
  - Tietueen poisto tiedostosta edellyttää tietueeseen liittyvien hakemistomerkintöjen poistamista (tai mitätöintiä) ainakin tiheissä hakemistoissa
  - Hakemiston muodostusperustana olevan kentän muuttaminen edellyttää hakemistomerkinnänkin muuttamista (yleensä edellisen poistoa ja uuden vientiä hakemistoon)

 Hakemiston käyttö

- Jos hakemistomerkinnässä käytettävät tietuetunnisteet voivat muuttua saattaa tietueen todellinen poisto sivulta (niin että seuraavien tietueiden järjestysnumerot muuttuvat) edellyttää useiden hakemistomerkintöjen muuttamista eri hakemistosivuilla
  - siksi tietuetunnisteet eivät yleensä muutu vaan kerran käyttöön otettu tunnus säilyy uudelleenorganisointiin asti (poistot poistoleimalla)


 Hakemiston käyttö

- Tarkastellaan esimerkkinä työntekijä-taulua:
  - työntekijännumero (avain, 10 merkkiä)
  - nimi (enintään 40, keskimäärin 20)
  - osoite
  - palkka
  - osasto\_nro (4 merkkiä)
  - jne, yht. keskimäärin 300 tavua.
  - Taulussa 8000 riviä.
  - Tietoja haetaan lähinnä työntekijännumerolla, nimellä ja osastonumerolla




### Hakemiston käyttö

- Olkoon osoitteen pituus 6 tavua ja hallintatietoa olisi 4 tavua yhtä hakemistomerkintää kohti tällöin merkintöjen koot olisivat
  - a) Työntekijänumero – 20 tavua
  - b) Työntekijän nimi - keskimäärin 30 tavua
  - c) Osastonnumero – tietuepituus riippuu taulukoitujen osoitteiden määrästä  $4+4+n*6$ , jos  $n=200$ , niin 1208 tavua
  - Jos hakemisto olisi järjestetty peräkkäistiedosto, täyttösuhde 70% niin hakemistosivuille (4KB) menisi
    - a) 140 merkintää -> yhteensä 58 lohkoa
    - b) 93 merkintää -> yhteensä 87 lohkoa
    - c) 3 merkintää -> yhteensä  $\lceil 40/3 \rceil = 14$  lohkoa



### Hakemiston käyttö

- Kaikki hakemistot ovat niin pieniä, että ne kannattaa lukea peräkkäislukuna tarvittaessa
- a) haku aika työntekijänumerolla olisi keskimäärin  $10\text{ms} + (1/2) * 10 * 58 / 50 \text{ ms} + 10 \text{ ms} = 25.8 \text{ ms}$  (kohdistus+pyörähdysviive) + keskimäärin siirto + datasiivu)
- b) Haku aika nimellä veisi  $10\text{ms} + (1/2) * 10 * 87 / 50 \text{ ms} + 10 \text{ ms} = 26.3 \text{ ms}$
- Näissä on oletettu, että haku tuottaa yhden osuman, jolloin päästään noin kolmannekseen kasan keskimääräisestä hakuajasta
- (levy sama 10 ms hajasaantiajan levy kuin aiemmin)



### Hakemiston käyttö

- Haettaessa osastonumerolla osumia tulee useampia. Oletetaan että osastoja on 40, jolloin yhdellä osastolla on keskimäärin 200 työntekijää
- Osaston työntekijöiden haku indeksii käyttäen veisi aikaa:  
 $10 \text{ ms} + (1/2) * 10 \text{ ms} * 14 / 50 + 200 * (10 + 0.2) \text{ ms} = 10 \text{ ms} + 1.4 \text{ ms} + 2040 \text{ ms} = 2051.4 \text{ ms} = \text{noin } 2 \text{ s}$
- Indeksistä ei ole hyötyä sillä aiemmin laskettiin koko kasan lukemiseen menevän vain n 180ms.