

Andmebaasisüsteemid

Teema 3

Andmebaasid II 2017

© Erki Eessaar

Eesmärk



- ♦ Mis on andmebaasisüsteemi "kõhus"?
- ♦ Väga palju keerukust on andmebaasisüsteemi kasutaja eest peidetud.
 - Kui Te ei kasuta andmebaasisüsteemi, või kasutate mõnda madalamat abstraktsioonitaset pakkuvat vahendit, siis tuleb palju sellest funktsionaalsusest realiseerida andmebaasi vajava süsteemi arendajatel.

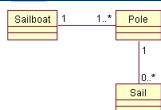
10.11.2017

Teema 3

2

Andmebaasid II 2017

© Erki Eessaar



Abstraktsioon



- ♦ Üldistus, üldmõiste, mis kajastab nähtuste üldisi, püsivaid ja olemuslikke omadusi.
- ♦ Reaalsuse/keerulise probleemi *lihtsustus*, mis võimaldab seda lihtsamalt väljendada.
 - Abstraktsiooni näide: SQL-andmebaasides esitatakse andmed tabelites.
 - Peidab kasutajate eest "madalama taseme" mõisted nagu fail, plokk, indeks, ketas ja nendega seotud probleemid.

10.11.2017

Teema 3

3

Andmebaasid II 2017

© Erki Eessaar



Lekkivate abstraktsioonide seadus

- ♦ Seadus: Kõik mittetriviaalsed abstraktsioonid lekivad mingil määral. (Õppejõu märkus: "Ja see teeb elu raskemaks")
 - Abstraktsioonid aitavad keerukust varjata, suurendavad arendajate tööviljakust.
 - Samas ei õnnestu "madalama taseme" probleeme kunagi täielikult peita ja need lekivad kõrgemale tasemele nt jõudluse probleemidena.
 - Usaldusväärse tarkvara loomiseks peab tundma ka "madalama taseme" probleeme/põhimõtteid.

10.11.2017

Teema 3

4

Andmebaasid II 2017

© Erki Eessaar

Kuidas andmebaasisüsteeme valida?

- ♦ Üks (paljudest) kriteeriumitest võiks olla *mõjukus*.
- ♦ Mõjukamatele süsteemidele võib leida rohkem tuge (kirjandus, foorumid, abi pakkuvad firmad jne).
- ♦ Samas ei tähenda mõjukus tingimata headust ja innovatiivsust. Seega ei tohiks seda kriteeriumit valiku tegemisel ületähtsutada.

10.11.2017

Teema 3

5

Andmebaasid II 2017

© Erki Eessaar

Andmebaasisüsteemide mõjukus – mille alusel hinnata?

- ♦ Kui palju räägitakse (nii head kui halba) ja pakutakse tööd
 - <https://db-engines.com/en/ranking>
- ♦ Ekspertide hinnang
 - Gartner Magic Quadrant for Operational Database Management Systems **PostgreSQL puudub!**
 - 2016: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-3JD7HF0&ct=161005&st=sb>
- ♦ Müük (turuosa) ...


10.11.2017

Teema 3

6

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

SQL-andmebaasisüsteemide turuosa jaotus (2015)



- ♦ Turuosa (müügi alusel) (Gartneri hinnang):
 - Oracle – 41.6%
 - Microsoft – 19.4%
 - IBM – 16.5%

Sellised firmad pakuvad tarkvara terve infosüsteemi valmistamiseks.

- ♦ Forbesi 2015 aasta hinnangu kohaselt on Microsoft ja Oracle tarkvara müügi alusel vastavalt maailma esimene ja teine tarkvarafirma.
 - https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_the_largest_software_companies

10.11.2017 Teema 3 7

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Turuosa trende



- ♦ Andmebaas kui *pilveteenus* aina olulisem.
 - Amazon Web Service pilveteenus on 2015. aasta turuosa edetabelis viiendal kohal.
- ♦ NoSQL süsteemid ei tooda suurt tulu.
 - Viis NoSQL süsteemi, mille müügitulu aastast üle 25 miljoni USD, annaksid kokku turuosa edetabelis kaheksanda koha.
 - Nende populaarsuse kasvu ja SQL-süsteemide populaarsuse languse trend on pidurdunud:
 - https://db-engines.com/en/blog_post/64

10.11.2017 Teema 3 8

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar


Turuosa trende – NoSQL süsteemide probleeme (2)

- ♦ NoSQL – väga üldine termin.
 - Palju erinevaid andmete esitamise viise.
 - Võti-väärtus paarid, dokumendid, veergude perekonnad, graafid.
 - Igaühes erinev andmetega töötamise keel.
 - Sageli on see keel *imperatiivne* (tuleb kirjutada protseduur), mitte deklaratiivne.
 - Keerukaid päringuid on deklaratiivses keeles palju lihtsam realiseerida.

10.11.2017 Teema 3 9

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Turuosa trende – SQL süsteemid annavad vastulöögi (3)



- ♦ SQL täieneb NoSQL süsteemidest tuntud võimalustega.
 - SQL:2016 – JSON formaadis andmete töötlemise tugi.
- ♦ Arnevad SQL süsteemid, mis töötavad edukalt keskkonnas, kuhu nõudluse kasvades saab arvutus ja salvestusressurssi lisada (nt lisada serverite klastrisse uusi servereid).
 - Öeldakse, et selline süsteem on *skaleeritav*.

10.11.2017 Teema 3 10

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Turuosa trende – vaba tarkvara

- ♦ 2014. aasta uuringu kohaselt on SQL-andmebaasisüsteemide kasutusest 25% *vaba tarkvara* (avatud lähtekoodiga) andmebaasisüsteemide käes.
- ♦ Kasutus kasvab kiiresti *omanduslike* (suletud lähtekoodiga) tarkvarasüsteemide arvelt, mille ostmisega kaasneb õigus kasutada seda litsentsilepingus lubatud tingimustel, kuid tarkvara jääb endiselt loojate omandusse.

10.11.2017 Teema 3 11

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Oracle

- ♦ Üldnimetus – tegelikult pakub ettevõtte (*Oracle Corporation*) väga palju erinevaid tooteid infosüsteemide projekteerimiseks, realiseerimiseks, hooldamiseks.
- ♦ Oracle andmebaasisüsteem (*Oracle Database*) on *omanduslik suletud lähtekoodiga tarkvara*.
- ♦ Oracle andmebaasisüsteem (alates ver 8.0) on *objekt-relatsiooniline* (SQL) andmebaasisüsteem.

10.11.2017 Teema 3 12

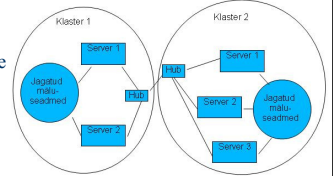
Oracle Database

- ♦ Oracle andmebaasisüsteemi nimi on *Oracle Database*!
- ♦ Andmebaas ja andmebaasisüsteem on erinevad mõisted.
- ♦ Kuidas kõlab: **Loon Oracle Andmebaasi abil Oracle andmebaasi.**



Oracle andmebaasisüsteem – 10g, 11g

- ♦ **g** tähendab "grid computing" e võretootlus.
- ♦ **Griid** – omavahel kiire arvutivõrguga seotud arvutite kogum.
- ♦ Andmebaasisüsteem, mis on installeeritud griidile, saab kasutada kogu selle arvutusvõimsust ja salvestusruumi.
- ♦ Griidi saab seadmeid lisada ja ära võtta.



Oracle andmebaasisüsteemide põlvkonnad (2)

- ♦ Oracle 8i, 9i
 - **i** tähendab "Internet"
- ♦ Oracle 12c
 - **c** tähendab "Cloud" (pilv)
 - "Pilvandmetöötlus – Internetis teenustena pakutavad rakendused ja salvestid.
 - Eesmärk on, et kasutajatel poleks vaja kulutada raha kallile tarkvara ja võimsa riistvara soetamiseks, millest nad vaid väikest osa tegelikult kasutaksid." (<http://www.vallaste.ee>)



Veel pilvedest

- ♦ Pilvandmetöötluse lähenemise eeliste ja probleemide ettekujutamiseks mõelge kontole e-posti teenusepakkuja serveris.
 - Lõppkasutaja jaoks näide *avalikust pilvest* – teenust saab kasutada üle avaliku võrgu
- ♦ Lisaks võimalikud:
 - (ettevõtete/organisatsioonide) *privaatpilved*,
 - (ettevõtete/organisatsioonide) *kogukondade pilved*.

Oracle andmebaasisüsteemide põlvkonnad (3)

- ♦ Pilvandmetöötluse turu suuruse prognoos
 - 2014: **55** miljardit USA dollarit
 - 2020: **241–270** miljardit USA dollarit
- ♦ Oracle 12c pakutakse kui platvormi, millel „pilve“ realiseerida
 - Uus „allüürnike“ arhitektuur; integreeritud vahendid suurte andmehulkade efektiivseks salvestamiseks ja töötlemiseks, turvalisuse (sh käideldavuse ja konfidentsiaalsuse tagamiseks)

Andmebaasisüsteemi väljaanded

- ♦ Oracle Database Enterprise Edition (EE)
 - Ainukene väljaanne, millele saab mooduleid juurde osta
- ♦ Oracle Database Standard Edition (SE)
 - Serveril tohib olla maksimaalselt 4 CPU pesa, vähem funktsionaalsust kui EEs
- ♦ Oracle Database Standard Edition One (SEO) (Oracle10g, 11g); Oracle Database Standard Edition 2 (Oracle 12c)
 - Serveril tohib olla maksimaalselt 2 CPU pesa

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Andmebaasisüsteemi väljaanded (2)

- ♦ Oracle Database Personal Edition
 - Ühele kasutajale, ühes arvutis, kõik EE võimalused v.a Oracle Real Application Clusters lisamoodul
- ♦ Oracle Database Express Edition (XE) (tasuta)
 - Kasutab 1 CPU, 1GB muutmälu, andmebaasi suurus kuni 11GB

Keerukas litsenseerimismudel, mis arvestab väljaannet, CPUde ja CPU pesade hulka serveril, CPU tüüpi, loodava andmebaasi tüüpi, kasutajate arvu.
<http://www.oraclealchemist.com/news/a-few-words-on-oracle-licenses/>

10.11.2017 Teema 3 19

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Spetsiifilisemad andmebaasisüsteemid

- ♦ Oracle Database Mobile Server
 - Mobiilsetes süsteemides
- ♦ Oracle NoSQL Database Enterprise Edition
- ♦ Oracle Berkeley DB
 - Avatud lähtekoodiga manusanandmebaasisüsteem.
- ♦ Oracle TimesTen In-Memory Database
 - Andmebaasisüsteem hoiab töö ajal kõiki andmeid muutmälus.

10.11.2017 Teema 3 20

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Milline on arvuti operatsioonidele kuluva aja suhteline erinevus

Operatsioon	Kuluv aeg	Kuluv aeg fraidatuna inimesele tajutavatesse ühikutesse
Allikas: http://blog.codinghorror.com/the-infinite-space-between-words/		
1 CPU tsükl	0.3 ns	1 s
Lugemine esimese taseme vahemälest (kiireim, tänapäeval harilikult protsessori kiibil paiknev vahemälu)	0.9 ns	3 s
Lugemine muutmälust (Arvutimälu, kus hoitakse parajasti kasutusel olevaid andmeid)	120 ns	6 min
Lugemine pooljuhtkettalt (Solid State Drive)	50–150 µs	2–6 päeva
Lugemine "tavaliselt" kõvakettalt (pöörlevad kettad)	1–10 ms	1–12 kuud
Internet: andmete liikumine San Franciscost Austraaliasse	183 ms	19 aastat

10.11.2017 Teema 3 21

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Mõned üldised järeldused



- ♦ Mida lähemal on andmed *protsessorile* (andmete töötlemisele), seda kiiremini toimub operatsioon.
- ♦ Andmete lugemine *muutmälust* palju kiirem kui lugemine kettalt.
 - Sellest tulenevalt hoiavad "traditsioonilised" andmebaasisüsteemid töö ajal *osa* ning mõned uuemad süsteemid isegi *kõiki* andmebaasi andmeid töö ajal muutmälus.

10.11.2017 Teema 3 22

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Mõned üldised järeldused (2)

- ♦ Andmete lugemine/muutmine üle võrgu aeglane. Seetõttu paljudes hajussüsteemides (kus andmed erinevates arvutivõrgu sõlmedes moodustavad ühe andmebaasi) kasutusel
 - *asünkroonne* (viiteajaga) koopiade värskendamine ja *asünkroonne andmevahetus*,
 - koopiad ei pea olema kogu aeg kooskõlas, vaid lõpuks kooskõlas (*eventual consistency*).

10.11.2017 Teema 3 23

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Enterprise Edition lisamoodulite näiteid

- ♦ Multitenant
 - Konteinerandmebaasis saab luua alamandmebaase
- ♦ Real Application Clusters
 - Serverite kobaras on igal serveril Oracle eksemplar, mis kõik kasutavad sama andmebaasi (failide kogumit). Rakendus saab suhelda mistahes serveriga ja näeb samu andmeid. Koormuse jagamise, serverite jooksva lisamise võimalus.
- ♦ Partitioning

10.11.2017 Teema 3 24

Enterprise Edition lisamoodulite näiteid (2)

- ♦ Label Security
- ♦ OLAP
- ♦ Advanced Analytics
 - Andmekaevandamine, R keele tugi statistilisteks analüüsideks.
- ♦ Spatial and Graph
 - Võimaldab geograafiliste andmete hoidmist, haldamist ja kasutamist Oracle andmebaasis.

10.11.2017

Teema 3

25

Arendusvahendeid

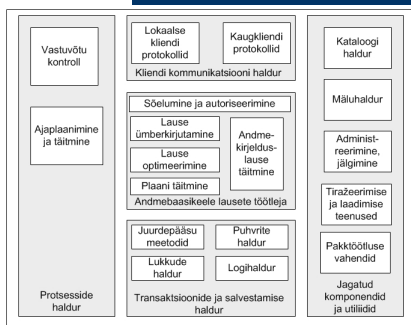
- ♦ SQL Developer Data Modeler
- ♦ Oracle Designer (viimati Oracle 10g jaoks)
- ♦ SQL Developer
- ♦ Warehouse Builder
- ♦ Oracle Application Express
- ♦ JDeveloper
- ♦ ...

10.11.2017

Teema 3

26

Hüpoteetiline andmebaasisüsteemi arhitektuur



10.11.2017

Teema 3

27

Oracle serveri arhitektuur

- ♦ Oracle **server** koosneb:
 - andmebaas,
 - eksemplar.
- ♦ **Andmebaas** on kogum kettale (kõvaketas, võib ka olla irdketas; kettaid võib olla mitu) salvestatud füüsilisi faile.
- ♦ **Eksemplar** on arvutis töötavate protsesside kogum ja nende poolt kasutatav muutmälu piirkond.

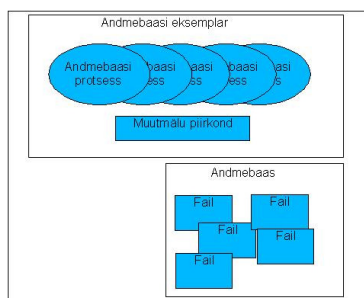
10.11.2017

Teema 3

28

Oracle serveri arhitektuur – enne Oracle 12c

- ♦ Tavaliselt luuakse ühes serveriarvutis üks **andmebaas** ja üks seda kasutav andmebaasi **eksemplar**.
 - Võimalik ka see, et ühte andmebaasi kasutab mitu eksemplari

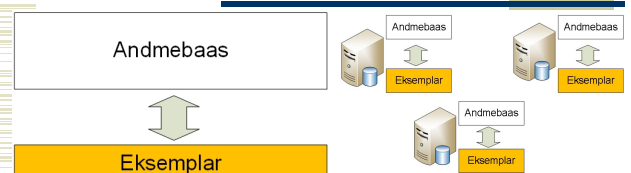


10.11.2017

Teema 3

29

Oracle serveri arhitektuur – enne Oracle 12c (2)



Praktikas palju serveriarvuteid. Suur hulk muudab halduse keerukaks ja kalliks.

10.11.2017

Teema 3

30

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Oracle 12.2 lubab kuni **4096** alamandmebaasi.

Oracle serveri arhitektuur – alates Oracle 12c

Alamandmebaasid (PDBs)
Andmebaasi kasutavate rakenduste andmed ja metaandmed

PDB\$ SEED PDB 1 ... PDB 251 PDB 252

juurkonteiner (Oracle metaandmed)

Konteinerandmebaas (CDB)

Eksemplar

- Allüürnike (multitenant) arhitektuur – konteinerandmebaasis alamandmebaasid.
- Võimaldab vähendada serverite ja serverarvutite hulka.
- Aitab saavutada kulude kokkuvõidu.

10.11.2017 Teema 3 31

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Oracle serveri arhitektuur – alates Oracle 12c (2)

- Alamandmebaas paistab kasutajale (lõppkasutaja, arendaja, rakendus) nagu tavaline andmebaas – pole vaja rakendusi ümber kirjutada.
- Saab kasutada ka vana arhitektuuri – eksemplar + konteinerandmebaas kus ainult juurkonteiner.
 - Selline lahendus on hetkel **apex.ttu.ee** serveris.

10.11.2017 Teema 3 32

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Oracle serveri arhitektuur – alates Oracle 12c – näiteid

- Varundamine** konteinerandmebaasi tasemel ning hiljem üksiku alamandmebaasi **taastamine** või erinevate andmebaaside erineva ajahetke seisuga taastamine.
- Alamandmebaasi ühest konteinerandmebaasist **lahti ühendamine** (*unplug*) ja teise konteinerandmebaasi **külge ühendamine** (*plug*).
- Alamandmebaaside sama konteinerandmebaasi sees või konteinerandmebaaside vahel **kloonimine**.

10.11.2017 Teema 3 33

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Oracle serveri arhitektuur – alates Oracle 12c – näiteid (2)

- Vähendab kulusid riistale:
 - vaja hankida vähem serverarvutiteid ja seotud riistvara,
 - sellest tulenevalt võib-olla ka vähem hooldajaid
 - vähendab andmebaasisüsteemi ressursikasutust, sest kõik alamandmebaasid jagavad sama eksemplari (protsesse ja mälu ruumi).

10.11.2017 Teema 3 34

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Oracle andmebaasi arhitektuuri valdkonnamudel

```

classDiagram
    class Andmebaas
    class Konteinerandmebaas
    class Alamandmebaas
    class Eksemplar

    Andmebaas "1" -- "0..252" Konteinerandmebaas
    Konteinerandmebaas "1" -- "0..1" Eksemplar
    Konteinerandmebaas "1" -- "0..*" Alamandmebaas
    
```

Andmebaas

Konteinerandmebaas

Alamandmebaas

Eksemplar

10.11.2017 Teema 3 35

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Oracle andmebaasi arhitektuuri valdkonnamudel (2)

```

classDiagram
    class Fail
    class Andmebaas
    class Tabeliruum
    class Segment
    class Ekstent
    class Plokk
    class Operatsioonisüsteemi_plokk
    class Andmebaas_objekt
    class Skeem
    class Skeemiobjekt
    class Baasitabel
    class Indeks
    class Hettkõrre
    class Kasutaja
    class Paroolifail
    class Kontrollifail
    class Logifail
    class Kaivatusparameetritefail
    class Ajutinefail
    class Füüsiline_osa
    class Lõiguline_osa
    class Andmebaas_objekt

    Fail "1" -- "1..*" Andmebaas
    Andmebaas "1" -- "1..*" Tabeliruum
    Tabeliruum "1" -- "1..*" Segment
    Segment "1" -- "1..*" Ekstent
    Ekstent "1" -- "1..*" Plokk
    Plokk "1" -- "1..*" Operatsioonisüsteemi_plokk
    Andmebaas "1" -- "1..*" Andmebaas_objekt
    Andmebaas_objekt "1" -- "1..*" Skeem
    Skeem "1" -- "1..*" Skeemiobjekt
    Baasitabel "1" -- "1..*" Hettkõrre
    Indeks "1" -- "1..*" Hettkõrre
    Kasutaja "1" -- "1..*" Skeemiobjekt
    
```

10.11.2017 Teema 3 36

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Plokk (andmebaasi plokk)

Andmefail

Plokk 1

Plokk 2

Plokk 3

...

Päis

Rida 1

Rida 2

Rida 3

10.11.2017 Teema 3 37

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Plokk (2)

- ♦ Ploki suurus on teatud 1024 baidi (1 KB) kordaja
 - Näide: 2KB, 4KB, 8KB, 16KB, 32KB
- ♦ Vaikimisi 8KB (8192 baiti)
- ♦ Andmebaasis võib olla kasutusel erineva suurusega plokkide – igas tabeliruumis on kõik plokkid ühesuguse suurusega
 - Erinevates tabeliruumides võib olla erinev suurus

10.11.2017 Teema 3 38

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Plokk (3)

- ♦ Andmete lugemine /kirjutamine toimub andmebaasisüsteemis plokkide kaupa
- ♦ Tavaliselt loeb/kirjutab andmebaasisüsteem korraga mitu plokki

10.11.2017 Teema 3 39

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Operatsioonisüsteemi plokk

- ♦ Minimaalne lugemise/kirjutamise ühik operatsioonisüsteemi jaoks
- ♦ Igale andmebaasi plokkile vastab üks või mitu operatsioonisüsteemi plokki
- ♦ Kui andmebaasisüsteem küsib andmebaasi plokkide, siis tõlgib operatsioonisüsteem selle operatsioonisüsteemi plokkide küsimiseks
- ♦ Siin ja edaspidi mõtlen **ploki** all **andmebaasi plokki**, kui ei ole öeldud teisiti

10.11.2017 Teema 3 40

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Ploki struktuur

- ♦ Päis: ploki aadress, segmendi tüüp (tabel, indeks, ...), viited undo/rollback segmentidele, huvitatud transaktsioonide kataloog
- ♦ Kui plokkis "tavalise" (*heap-organized*) tabeli andmed:
 - tabelite kataloog – mis tabeli read on plokkis,
 - ridade kataloog – viited ridadele.
- ♦ Tegelikud andmed
- ♦ Vaba ruum (selle hulka määravad PCTFREE, PCTUSED parameetrite väärtused)

10.11.2017 Teema 3 41

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Pesastatud lehekülgede (*slotted pages*) salvestusmudel

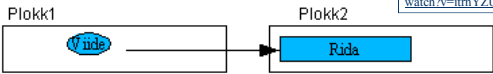
- ♦ Oracle (ja PostgreSQL) kasutavad pesastatud lehekülgede (*slotted pages*) salvestusmudelit.
- ♦ Leheküljes elementide kataloog (pesade massiiv), kus viited elementide algusele plokkis.
- Element võib olla **rida** või **indeksi sissekanne**.
- Võimaldab muuta plokkis elemendi asukohta ilma, et muutuks elemendi füüsiline aadress.

10.11.2017 Teema 3 42

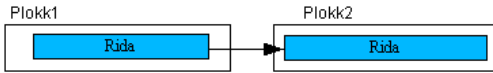
Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Probleemid plokkide ja ridadega

- ♦ **Rea migreerumine** – rida muutub oma eluea jooksul nii suureks, et ei mahu esialgsesse plokki ära. Teises ploki on vaba ruumi ja sinna see mahub. <https://www.youtube.com/watch?v=itmYZUjWILU>



- ♦ **Plokkide ahela tekkimine** – rida on nii suur, et ei mahu ühtegi plokki tervelt ära (eriti kui ploki väikesed).



10.11.2017 Teema 3 43

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

PostgreSQL vs. Oracle

- ♦ PostgreSQLis TOAST – *The Oversized-Attribute Storage Technique*
 - Kui rea väljas liiga suure mahuga väärtus (ja seega rida liiga suur), siis see väärtus pakitakse kokku ja/või salvestatakse ülejäänud reast eraldi
 - Ainult TOAST-able omadusega andmetüüpide korral
- ♦ Oracle teeb seda vaid LOB tüüpi väärtustega (kui suuremad kui umbes 4000 baiti)
 - Võivad tekkida plokkide ahelad

10.11.2017 Teema 3 44

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Probleemid plokkide ja ridadega (2)

- ♦ Andmebaasi välise skeemi (vaated) ja kontseptuaalse skeemi (baastabelid) kasutaja näeb endiselt sama rida samas tabelis.
- ♦ Võib tunnetada andmebaasis toimuvate operatsioonide töökiiruse vähenemist.
 - Rea migreerumine on nagu internetiaadressi ümbersuunamine.

10.11.2017 Teema 3 45

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Probleemid plokkide ja ridadega (3)

- ♦ Kuna rea lugemiseks tuleb lugeda mitu plokki, siis muutub **lugemine aeglasemaks**.
- ♦ Samuti muudavad täiendavad tegevused andmebaasi sisemisel tasemel **lisamis- ja muutmisoperatsioonide läbiviimise aeglasemaks**.

10.11.2017 Teema 3 46

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Rea migreerumine

```
CREATE TABLE Isik (isik_id NUMBER(10) CONSTRAINT pk_Isik PRIMARY KEY, perenimi VARCHAR2(30) NOT NULL, kommentaar LONG);
```

```
INSERT INTO Isik (isik_id, perenimi) VALUES (1, 'Mets');
```

```
UPDATE Isik SET kommentaar='... pikk kommentaar ...' WHERE isik_id=1;
```

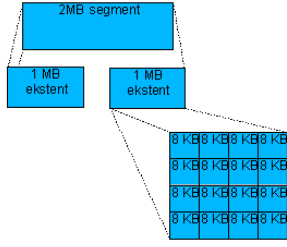
UPDATE lause järel võib rida sisemisel tasemel migreeruda uude plokki.

10.11.2017 Teema 3 47

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Ekstendid ja segmendid

- ♦ **Ekstent** on kogum ilma katkestusteta loogiliselt üksteise järel asuvaid plokkide.
- ♦ **Segment** on ekstentide kogum mingi kontseptuaalse (nt *baastabel*) või sisemise taseme struktuuri (nt *indeks*) salvestamiseks.
- ♦ Segmenti suurendatakse ekstentide kaupa.



10.11.2017 Teema 3 48

Tabeli loomise lause näide

```
CREATE TABLE Tabel_naide (...)  
TABLESPACE ruum1  
STORAGE ( INITIAL 64K  
NEXT 64K  
MINEXTENTS 1 MAXEXTENTS 2147483645  
PCTINCREASE 0 FREELISTS 1 );
```

- ♦ Tabeli omaduste vaatamine:
- ♦ `SELECT * FROM user_tables
WHERE table_name='TABEL_NAIDE';`

10.11.2017

Teema 3

49

Mõned tabeli loomisel väärtustatavad parameetrid

- ♦ *INITIAL* – esimese ekstendi suurus.
- ♦ *NEXT* – teise ekstendi suurus.
- ♦ *PCTINCREASE* – kui mitu protsenti peab alates kolmandast ekstendist järgmine ekstent olema eelmisest suurem.
- ♦ *MINEXTENTS* – minimaalne ekstentide arv.
- ♦ *MAXEXTENTS* – maksimaalne ekstentide arv.

10.11.2017

Teema 3

50

Mõned tabeli loomisel väärtustatavad parameetrid (2)

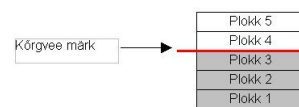
- ♦ *FREELIST* (vaikimisi 1) – segmenti vabade plokkide nimekirjade arv. Sellises nimekirjas on ploki, kuhu võib lisada uusi ridu (nendes plokkides on piisavalt vaba ruumi).
- ♦ *PCTFREE* (vaikimisi 10) – määrab, mitu % ploki kogumahust võib veel olla vaba, kui vastav plokk kuulutatakse täidetuks ja võetakse *FREELIST* nimekirjast ära.
- ♦ *PCTUSED* (vaikimisi 40) – määrab, mitu % ploki kogumahust on veel täidetud, kui plokk kuulutatakse uuesti vaba olevaks ja pannakse *FREELIST* nimekirja.

10.11.2017

Teema 3

51

Freelist – vabade plokkide nimekiri



- Ülalpool kõrgvee märki on tabeli ploki, mida andmete salvestamiseks pole veel kunagi kasutatud.
- Allpool kõrgvee märki on tabeli ploki, kus on vaba ruumi, kuid mida on andmete salvestamiseks juba kasutatud.

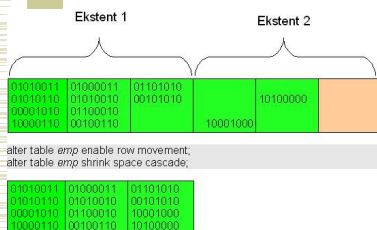
- ♦ Eesmärk – kiirendada vaba ploki leidmist.
- ♦ Andmebaasisüsteem otsib vaba plokki kõigepealt allpoolt kõrgvee märki.
- ♦ Kui seal vaba plokki ei ole, siis tõstab kõrgvee märki.
- ♦ Kui *FREELIST* tühi, siis tuleb eraldada uus ekstent.

10.11.2017

Teema 3

52

Segmenti defragmenteerimine



- ♦ Ei raisata salvestusruumi – ploki "tihendatakse" ja kasutamata ekstendid vabastatakse.
- ♦ Tabeli andmete lugemiseks peab andmebaasisüsteem lugema vähem plokke.

10.11.2017

Teema 3

53

Arengusuund

- ♦ Oskamatu parameetrite väärtustamine mõjub töökiirusele halvasti
- ♦ Andmebaasisüsteem võiks selliste probleemidega ise tegeleda
 - *System managed locally managed tablespaces*
 - *Automatic segment space management*
 - *Oracle managed files*
- ♦ Arengusuunaks on luua "arukam" süsteem, mis saaks paljude probleemidega hakkama ilma inimkasutaja poole pöördumata

10.11.2017

Teema 3

54

Arengusuund (2)

- ◆ Konsultatsioonifirma Gartner visiooni kohaselt on tulevikus (aasta 2020–2030 perspektiiv) üha rohkem ettevõtteid, kus enamiku/kogu töö teevad ära "targad masinad" ilma inimeste vahelesegamiseta.
 - Tööpuuduse kasv kõigil tasemetel, mitte ainult lihttööliste hulgas – sellest tulenevad ühiskondlikud vapustused

Tabeliruum

- ◆ Tabeliruum on *loogiline salvestusruum*, mis koosneb *füüsiliselt ühest või mitmest andmefailist*, kuhu salvestatakse segmentide andmed.
 - CREATE TABLESPACE **kasutaja_andmed** DATAFILE 'DATA3.ORA' SIZE 100K;
 - CREATE TABLE Isik (perenimi VARCHAR(100),...) TABLESPACE **kasutaja_andmed**;
- ◆ Kui TABLESPACE pole määratud, siis kasutatakse tabeli loonud kasutajaga seotud vaikimisi tabeliruumi, mida saab määrata kasutaja loomisel.



Tabeliruum (2)

- ◆ Tabeliruum on kui *adapter*, mis seob omavahel ühelt poolt
 - andmebaasi välise (hetktõmmised),
 - kontseptuaalse (tabelid) või
 - füüsilise (indeksid) taseme objektid
- ◆ ja teiselt poolt
 - füüsilise andmete salvestamise (failid).

Kasutaja loomine (Oracle)

```
CREATE USER C##TUD1 PROFILE DEFAULT
IDENTIFIED BY PAROOL
```

DEFAULT TABLESPACE USERS

TEMPORARY TABLESPACE TEMP

```
ACCOUNT UNLOCK;
```

```
GRANT CONNECT TO C##TUD1;
```

```
GRANT RESOURCE TO C##TUD1;
```

```
GRANT UNLIMITED TABLESPACE TO
C##TUD1;
```

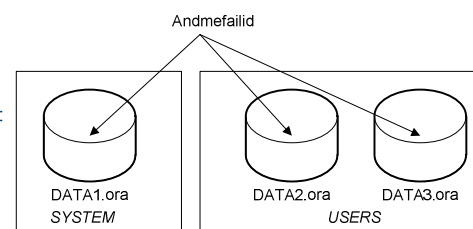
Luuakse ka skeem C##TUD1. CONNECT ja RESOURCE on eeldefineeritud rollid.

Tabeliruum (2)

- ◆ **Süsteemikataloogi** kaudu hallatavad tabeliruumid:
 - andmed faili vabade/hõivatud ekstentide kohta on süsteemikataloogis
- ◆ **Lokaalselt** hallatavad tabeliruumid:
 - andmed faili vabade/hõivatud ekstentide kohta on failis endas bitikaardina,
 - CREATE TABLESPACE Naide DATAFILE 'D:\oracle\oradata\...' SIZE 1000M EXTENT MANAGEMENT LOCAL UNIFORM SIZE 100K;

Tabeliruum (3)

Oracle andmebaasis luuakse vaikimisi tabeliruumid: **SYSTEM, SYSAUX, UNDOTBS1, TEMP, USERS**



Undo segment / rollback segment

- ♦ Sisaldab plokkide muudatuse eelseid (ajaloolisi) versioone.
- ♦ Milleks neid vaja on?
 - Võimaldab andmemuudatuse **tagasi rullida** (taastada muudatuse eelne olukord).
 - Tagab paralleelselt käivitatud transaktsioonide puhul **kooskõlalise vaate** andmetele.
 - Laseb teha päringuid **mineviku ajahetke** seisuga.

Andmemuudatuse tagasirullimine

- ♦ Transaktsiooni tühistamise korral (ROLLBACK lause) peab andmebaasisüsteem tühistama transaktsiooni käigus tehtud andmemuudatused.
- ♦ Selleks peab süsteem teadma, millised olid andmed enne andmemuudatust.

System Change Number (SCN)

- ♦ SCN (Süsteemi Muutmise Arv) suureneb transaktsiooni kinnitamisel/tühistamisel, aga ka mitmete andmebaasisüsteemi siseste toimingute tulemusel.
- ♦ Hetke SCNi leidmine
 - `SELECT dbms_flashback.get_system_change_number() FROM Dual;`

Andmete kooskõlalise tagamine

SCN transaktsiooni alguses	Transaktsioon 1	Transaktsioon 2
100	SELECT * FROM Tootaja;	
101		UPDATE Tootaja SET palk=palk + palk * 0.10;
		COMMIT;
	SELECT lause täitmise lõpp	

↑
Päring peab andma *käivitamise hetke seisule* vastava vastuse (st vastus ei tohi sisaldada *Transaktsioon 2* käigus tehtud muudatust)



Andmete kooskõlalise tagamine (2)

- ♦ Ploki päises hoitakse iga selles *andmeid muutva* aktiivse transaktsiooni kohta selle alguse hetke SCNi.
- ♦ SCN on nagu "kell", mis aitab määrata, mis operatsioonid on milliseid andmeid viimati muutnud.

Andmete kooskõlalise tagamine (3)

- ♦ Kui päringu q täitmisel süsteem leiab, et ploki p on peale q algust muudetud (*p päises olev $SCN > q$ alguses meelde jäetud SCN*),
- ♦ siis loetakse p **rollback või undo segmentist** – loetakse ploki muutmiseelne versioon.
- ♦ See on **multiversioon-konkurentsjuhtimine**.

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Lihtsustatud näide


SCN transaktsiooni alguses	Transaktsioon 1	Transaktsioon 2
100	SELECT * FROM Tootaja;	
101		UPDATE Tootaja SET palk:=palk * 0.10;
		COMMIT;
	SELECT lause täitmise lõpp	

- ♦ **Transaktsioon 1** algab, saab SCN = 100
- ♦ **Transaktsioon 2** algab, saab SCN = 101
- ♦ **Transaktsioon 2** muudab rida *plokis 1*, plokki SCN :=101
 - Süsteem kirjutab undo/rollback segmenti muutmise eelse versiooni plokist *plokk 1*, mis sisaldab muudetavat rida.
- ♦ **Transaktsioon 1** loeb *plokki 1*. Kuna 100<101, siis loeb selle plokki muutumiseelse versiooni undo/rollback segmentist.
- ♦ Tulemus on see, et **transaktsioon 1** ja **transaktsioon 2** saavad toimuda samaaegselt – üks ei pea teise lõppemist ootama.

10.11.2017 Teema 3 67

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Tagasiulatuvad päringud



- ♦ Leia andmed tund aega tagasi:
 - SELECT empno, sal FROM Emp AS OF TIMESTAMP (SYSTIMESTAMP - INTERVAL '1' HOUR);
- ♦ Võimaldab lihtsalt (ilma varukoopiat kasutamata) taastada hiljuti kustutatud tabelit.
 - **ERROR ORA-01555: Snapshot too old** – osa undo segmenti / rollback segmenti kuuluvatest plokkidest on juba jõutud üle kirjutada.
- ♦ Vanade andmete säilitamise ajaperioodi pikkuse määramine
 - UNDO_RETENTION pikkus *init.ora* failis (Kui kasutatakse *Automatic Undo Management*).
 - Administraatori hallatavate rollback segmentide puhul pole ennustatav.

10.11.2017 Teema 3 68

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Undo segmentide / rollback segmentide haldamine

- ♦ Süsteemi poolt hallatavad. Alates Oracle 11g vaikimisi meetod.
 - *Automatic Undo Management*
 - Selle puhul on tegemist **undo segmentidega**
- ♦ Administraatori poolt hallatavad (vanem meetod)
 - Selle puhul on tegemist **rollback segmentidega**
 - CREATE ROLLBACK SEGMENT rs_store
TABLESPACE rbs_ts STORAGE (INITIAL 10M
NEXT 10M MINEXTENTS 2 MAXEXTENTS 25
OPTIMAL 50M);

10.11.2017 Teema 3 69

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Skeem

- ♦ Skeem on nime omav kogum skeemiobjekte.
- ♦ Iga skeem on seotud mingi ühe kindla andmebaasi **kasutajaga**, kes on sellesse skeemi kuuluvate objektide omanik.
- ♦ Oracle loob skeemi automaatselt, kui luuakse uus kasutaja.
- ♦ Oracle andmebaasi loomisel luuakse automaatselt mitmeid kasutajaid ja neile vastavad skeemid (*sys, system,*).

10.11.2017 Teema 3 70

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Oracle füüsiline andmebaasi struktuur

- ♦ Käivitusparameetrite failid (laiendiga *ora*)
- ♦ Kontrollfailid e juhtfailid (laiendiga *ctl*)
- ♦ Andmefailid (laiendiga *dbf*)
- ♦ Ajutised failid (laiendiga *dbf*)
- ♦ Redo logifailid (laiendiga *log*)
- ♦ Paroolifail

10.11.2017 Teema 3 71

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

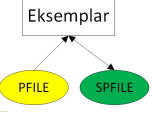
Käivitusparameetrite failid

- ♦ Parameetrite väärtused määravad andmebaasi eksemplari omadused ja juhivad selle tööd.
 - Andmebaasi nimi
 - Eksemplari nimi
 - Mäluruumide suurus
 - Plokkide suurus
 - Kontrollfailide nimed
 - ...
- ♦ Selles failis olevaid väärtuseid loeb süsteem eksemplari käivitamisel.

10.11.2017 Teema 3 72

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Käivitusparameetrite failid (2)



- ♦ Käivitusparameetrite fail võib olla.
 - PFILE – tekstifail, kus saab teha muudatusi tekstiredaktoriga (*init.ora*).
 - Selleks, et eksemplar arvestaks muudatustega, tuleb eksemplar taaskäivitada.
 - SPFILE – binaarfail, milles muudatuste tegemiseks tuleb kasutada ALTER SYSTEM lause.
 - Muudab võimalikuks parameetrite jooksva muutmise andmebaasisüsteemi enda poolt.

10.11.2017 Teema 3 73

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Kontrollfailid

- ♦ Kontrollfail sisaldab andmeid andmebaasi füüsilise struktuuri seisundi kohta:
 - andmebaasi nimi,
 - andmebaasi loomise aeg,
 - andmefailide nimed ja asukohad,
 - logifailide nimed ja asukohad,
 - SCN, milleni kõik andmemuudatused failidesse kirjutatud
 -
- ♦ Kontrollfailis olevaid andmeid vajab süsteem näiteks eksemplarile failide kättesaadavaks tegemise (*mountimise*) käigus.

10.11.2017 Teema 3 74

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Andmefailid (Oracle 12c Release 1)

- ♦ Andmebaasis võib maksimaalselt olla kuni **65533** andmefaili.
- ♦ Ploki suurus maksimaalselt kuni **32 KB**.
- ♦ Ühes andmefailis maksimaalselt $2^{32} = 4\,294\,967\,296$ plokki.
- ♦ Kui kasutada 32KB suurust ploki suurust, võib andmefail olla kuni **131072 GB (128 TB)** ja andmebaasi kogu suurus ligikaudu **8 eksabaiti**.
- ♦ 1 Terabait = 1024 Gigabaiti
- ♦ 1 Petabait = 1024 Terabaiti
- ♦ 1 Eksabait = 1024 Petabaiti

10.11.2017 Teema 3 75

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Võrdluseks

- ♦ CERN – European Organization for Nuclear Research.
 - Uus osakeste kiirendi projekt (Large Hadron Collider) annab tippvellel **10 GB** testandmeid SEKUNDIS.
 - 2010. aastal produtseeris 13 petabaiti andmeid.
- ♦ Päevas töödeldava ja kokku salvestatava andmehulga hinnangud erinevate organisatsioonide kohta
 - <https://followthedata.wordpress.com/2014/06/24/data-size-estimates/>

10.11.2017 Teema 3 76

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Töödeldavate ja salvestatavate andmete hulga hinnang – 2014

Organisats.	Päevas töödeldavate andmete hulga hinnang	Organisats.	Salvestatud andmete koguhulga hinnang
eBay	100 PB	Google	15000 PB (15 EB)
Google	100 PB	NSA	10000 PB
Baidu	10–100 PB	Baidu	2000 PB
NSA	29 PB	Facebook	300 PB
Facebook	600 TB (0.6 PB)	Ebay	90 PB
Twitter	100 TB	Sanger	45 PB

Allikas:
<https://followthedata.wordpress.com/2014/06/24/data-size-estimates/>

10.11.2017 Teema 3 77

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Ajutised failid

- ♦ Andmefailide erijuhus
- ♦ Seotud ajutiste tabeliruumidega
- ♦ Kasutatakse:
 - andmete sorteerimisoperatsioonide vahetulemuste salvestamiseks,
 - sorteerimist põhjustavad: CREATE INDEX, ANALYZE, SELECT DISTINCT, ORDER BY, GROUP BY, UNION, INTERSECT, MINUS, JOIN (kui kasutatakse *merge-sort* algoritmi)
 - ajutistes tabelites olevate andmete hoidmiseks.

10.11.2017 Teema 3 78

Alert Log

- Fail `alertdb_name.log` (kus `db_name` on andmebaasi nimi)
- Informatsioon oluliste sündmuste kohta (sealhulgas erandolukorrad), mis on Oracle eksemplariga selle tööajal juhtunud.

Redo logifailid

- Redo logi koosneb **muudatuste vektoritest**, millest igaüks kirjeldab mingit plokis toimunud muudatust Oracle andmebaasis.
- Muudatusi põhjustavad DML ja DDL laused.
- Kasutatakse andmebaasi **taastamiseks** korrektses seisundis peale veaolukorda.
- Taastamine – vastavalt logifailile osa andmemuudatusi tehakse uuesti (**redo**), osa rullitakse tagasi (**undo**).



Write Ahead Logging

- Oracle kasutab **Write Ahead Logging (WAL)** algoritmi.
 - Andmemuudatused tehakse kõigepealt muutmälus.
 - Õeldakse, et mälus olevad plokid, milles olevaid andmeid muudeti, muutused räpaseks (*dirty*).
 - Kõik andmemuudatused logitakse.
 - Logi kirjutatakse pidevalt kettale – logifailidesse.
 - Enne** andmemuudatuse kirjutamist kettale andmefaili peab muudatuse logi olema kettale salvestatud.
 - Ploki kettale kirjutamine ei pea toimuma kohe peale muutmist (kulukas), vaid tänu logi olemasolule võib seda teha hiljem!

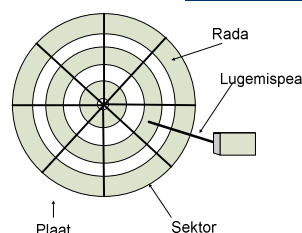
Paroolifail

- Sisaldab infot, mis on vajalik üle arvutivõrgu sisseloginud ning administratiivseid tegevusi läbiviiva kasutaja (SYSDBA) identifitseerimiseks.

Andmete lugemine kõvakettalt

- Ploki lugemiseks kuluv aeg koosneb järgmistest osadest.
 - Aeg, mis kulub protsessoril ja kettakontrolleril ploki lugemise **käsu töötlemiseks**.
 - Aeg, mis kulub **lugemispea paigutamiseks** õigesse positsiooni (õige silindri kohale) (ingl *seek time*).
 - Aeg, mis kulub **kettal pöörlemiseks**, et lugemispea alla satuks esimene ploki sisaldav sektor (ingl *rotation latency*).
 - Ülekande** aeg, mille käigus lugemispea alt mööduvad sektorid, mis sisaldavad loetavad ploki.

Andmete lugemine kõvakettalt (2)



Operatsioon Allikas: https://blog.codinghorror.com/the-infinite-space-between-words/	Kuluv aeg taandatud inimesele tajitavas ajavahemikus
Lugemine muutmälust (Arvutimälu, kus hoitakse parajasti kasutusel olevaid andmeid)	6 min
Lugemine "tavaliselt" kõvakettalt (pöörlevad kettad)	1–12 kuud

- Kuidas hoiduda aeganõudvast andmete lugemisest kõvakettalt?
- Äärmuslik variant:** Töö ajal kõiki andmeid **muutmälus** hoidvad andmebaasisüsteemid

Mäluruumid – Program Global Area (PGA)

- ♦ Protsesside privaatsed andmed (vastandina SGAs jagatud andmed)
 - *Direct path read* – Oracle paigutab teatud olukordades loetud plokid SGA asemel PGA mäluruumi.
 - Teatud lausete tüübid, mille korral Oracle võib otsustada sellist lugemise meetodit kasutada

Oracle NET tarkvara

- ♦ NET eesmärk – võimaldada kasutada Oracle serverit sõltumata:
 - kasutaja asukohast,
 - kasutatavatest võrguprotokollidest,
 - kasutaja platvormist (tark- ja riistvara).
- ♦ **tnsnames.ora** – selles failis luuakse vastavus NET teenuse nime ning serveri aadressi, kasutatava võrgu protokollide ja andmebaasi eksemplari nime vahel.

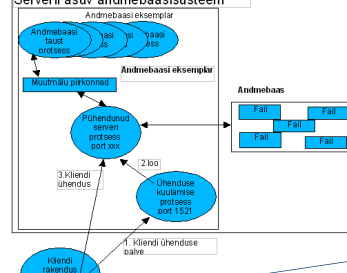
Kuidas suhtlevad omavahel klientrakendus ja andmebaasisüsteem?

- ♦ Pühendunud serveri (privaatserveri) arhitektuur.
 - Iga ühenduse teenindamiseks luuakse serveril omaette "pühendunud" protsess.
- ♦ Jagatud serveri arhitektuur.
 - Erinevate ühenduste kaudu saabuvad teenindusnõuded pannakse järjekorda ja neid täidavad serveril töötavad "dispetšer" protsessid.

Analoogia: Privaatpangandus vs. pangatellerid

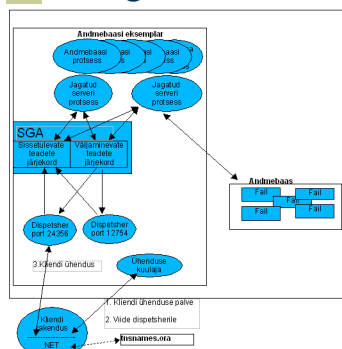
Pühendunud serveri arhitektuur

Serveril asuv andmebaasisüsteem



Kliendi arvutis asuv konfiguratsioonifail
TNSNAMES.ORA Network Configuration File:
C:\Oracle\product\10.1.0\Client_1\network\admin\tnsnames.ora
Generated by Oracle configuration tools.
ORCL_APEX =
(DESCRIPTION =
(ADDRESS_LIST =
(ADDRESS = (PROTOCOL = TCP)(HOST =
apex.ttu.ee)(PORT = 1521))
)
(CONNECT_DATA =
(SID = ORCL)
(SERVER = DEDICATED)
)
)

Jagatud serveri arhitektuur



Millist arhitektuuri kasutada?

- ♦ Pühendunud server (vaikimisi seadistus)
 - Klient käivitab **kauakestvaid transaktsioone** (jagatud serveriprotsess oleks sellega ametus ja ei saaks sellel ajal teiste klientide soove täita)
 - Kauakestvad päringud
 - Pakktöötus
 - Andmebaasi varundamine/taastamine
 - RMAN programmi abil
- ♦ Jagatud server
 - Kui tegemist on süsteemiga, kus luuakse palju kliendi ühendusi, mis käivitavad **lühikesi transaktsioone**.
 - Jagatud serveri kasutamine vähendab serveril töötavate protsesside arvu.

Millist arhitektuuri kasutada? (2)

- ♦ Jagatud server
 - Operatiivandmete süsteemid – palju samaaegseid kasutajaid, üksikute ridade otsimine, muutmine
- ♦ Pühendunud server
 - Andmeid, andmevabad – suhteliselt vähe kasutajaid, kauakestvad ja mahukad päringud
 - **Praktika näitab, et parema jõudluse ning hallatavuse tõttu on see enamasti parem ka operatiivandmete süsteemide korral!**

10.11.2017

Teema 3

97

Database resident connection pooling (alates Oracle 11g)

- ♦ Rakendustele, millel palju samaaegseid kasutajaid, kes algatavad palju lühikesi sessioone
- ♦ Kliendiga suhtleb ühenduse koordinaatori protsess
- ♦ Kui kliendil vaja andmebaasi kasutada, siis eraldatakse talle ajutiselt vabade pühendunud serveriprotsesside hulgast üks protsess

10.11.2017

Teema 3

98

Database resident connection pooling (alates Oracle 11g) (2)

- ♦ Kui klient lõpetab andmebaasi kasutamise, siis pühendunud serveriprotsess läheb vabade protsesside hulka tagasi
- ♦ **Ühenduse loomine ja katkestamine võrreldes eelnevate meetoditega kiirem ning ühendustele kulub vähem mälu**

10.11.2017

Teema 3

99

Taustprotsesside näited

- ♦ **Database Writer (DBW)**. Millal käivitub?
 - Kui toimub kontrollpunkt.
 - Kui muutmälu pole piisavalt vaba ruumi uute andmete muutmällu kirjutamiseks.
- ♦ **Log Writer (LGWR)**. Millal käivitub?
 - Iga kolme sekundi järel.
 - Kui puhver on vähemalt 1/3 ulatuses täis.
 - Iga kord, kui DBW soovib kirjutada kettale muudetud ploki, kuid selle muudatuse kohta pole kettale logi salvestatud.
 - Iga kord, kui mõni transaktsioon kinnitatakse.

10.11.2017

Teema 3

100

Taustprotsesside näited (2)

- ♦ **Checkpoint (CKPT)**. Abistab kontrollpunkti läbiviimisel – kontrollpunkti tulemusena kirjutatakse kõik muudetud ploki kettale.
- ♦ **System Monitor (SMON)**. Eksemplari taastamine peale veaolukorra tekkimist. Ühendab vabasid ekstante suuremateks vabadeks ekstantideks.
- ♦ **Process Monitor (PMON)**. Protsesside hõlvatud ressursside vabastamine peale veaolukorda. Serveriprotsesside jälgimine ja taaskäivitamine.

10.11.2017

Teema 3

101

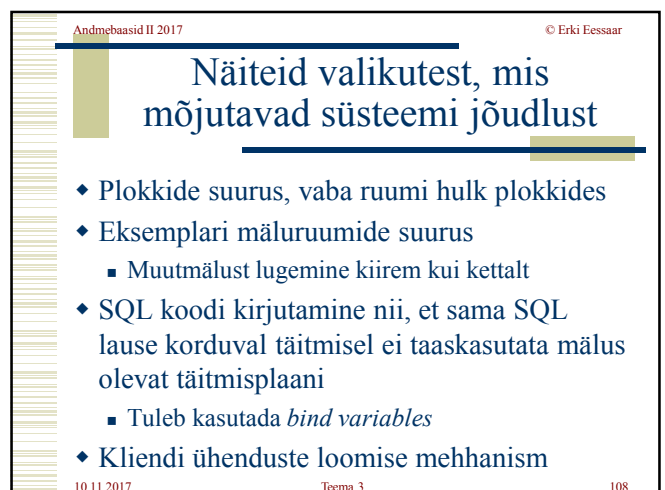
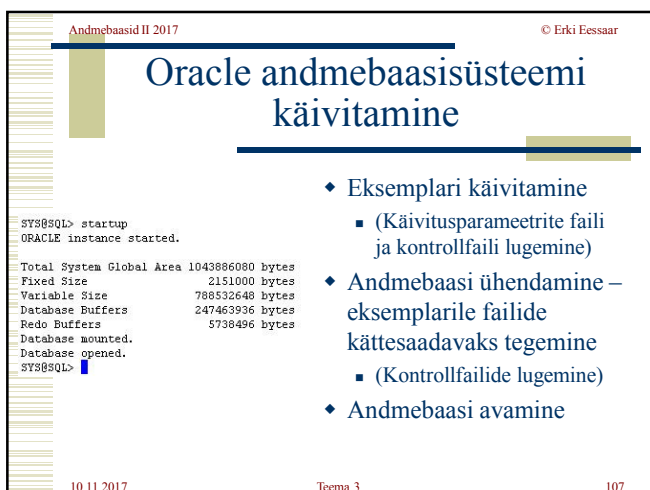
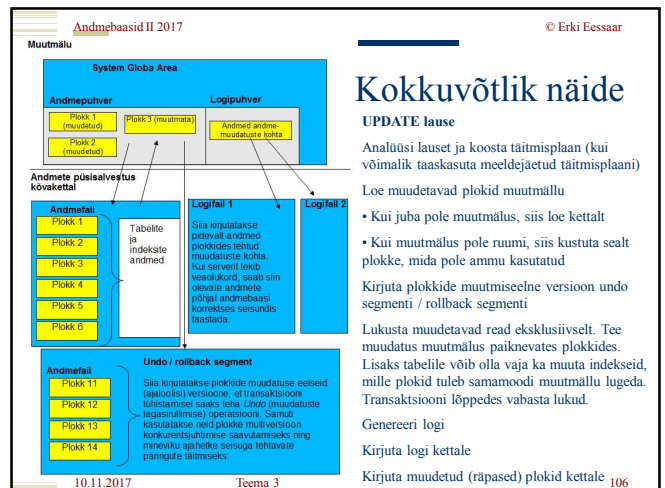
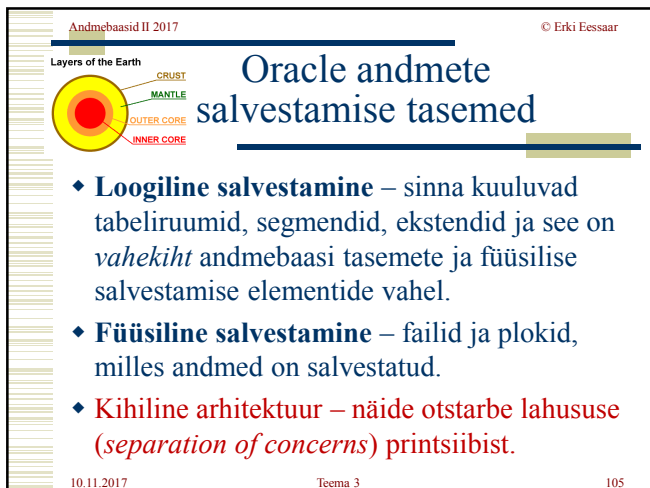
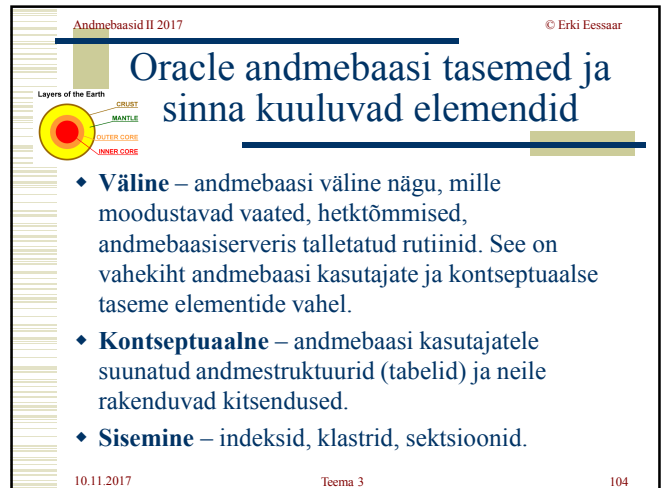
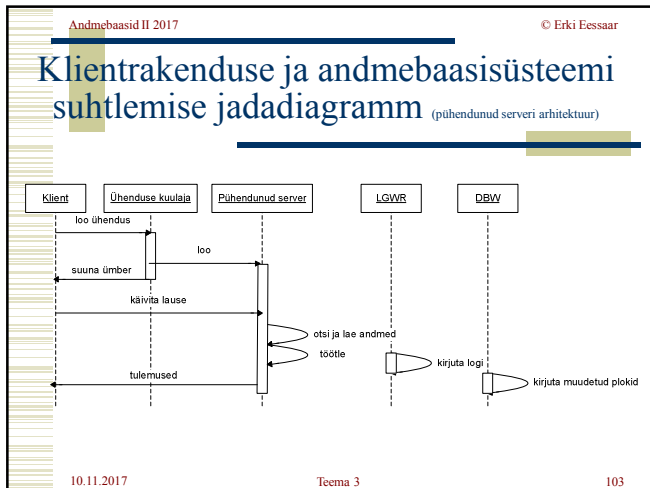
Taustprotsesside näited (3)

- ♦ **Archiver (ARCH)**. Ülesandeks on arhiveerida redo logi failid.
- ♦ **Recoverer (RECO)**. Ülesandeks on likvideerida kõik probleemid, mis on tingitud hajutatud transaktsioonide ebaõnnestumisest.
- ♦ **Lock (LCK)**. Ülesandeks on lukustamismehhanismi töö tagamine.

10.11.2017

Teema 3

102



PostgreSQL (Postgres)

- Postgres – post-Ingres
 - 1970-ndate algus – Berkeley ülikoolis hakati välja töötama andmebaasisüsteemi *Ingres*.
 - 1985 – algab jätkuprojekt *Postgres* (erinev koodibaas)
 - Eesmärk, võimaldada kasutajatel ise luua tüüpe, operaatoreid, toetada aktiivse andmebaasi põhimõtteid
 - 1988 – esimene prototüüp
 - 1994 – SQL interpretaator (asendamaks QUEL keelt)
 - 1996 – uus nimi *PostgreSQL*
 - Ka Ingres jätkab oma elu – 2006. aastal – *Ingres 2006*
- Objekt-relatsiooniline andmebaasisüsteem
- Vaba tarkvara, mida levitatakse BSD litsentsile sarnase litsentsi alusel – The PostgreSQL Licence (TPL)

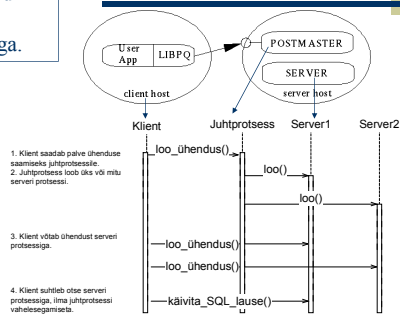
Michael Stonebraker

PostgreSQL – suhtlus klientidega

- PostgreSQL kasutab "protsess kasutaja kohta" klient/server mudelit. PostgreSQLi kasutamise sessioon hõlmab järgnevaid koostöötavaid protsesse.
 - Superviisor, juhtprotsess (postmaster)
 - Klient
 - mistahes programm, mis oskab PostgreSQL andmebaasisüsteemiga suhelda
 - Üks või rohkem andmebaasi serveriprotsessi

PostgreSQL – suhtlus klientidega (2)

Võrreldav Oracle pühendunud serveri arhitektuuriga.



PostgreSQL eksemplar

- Eksemplar** on arvutis töötavate protsesside kogum ja nende poolt kasutatav mälu piirkond
- Protsessid
 - Juhtprotsess, serveriprotsessid
 - Taustprotsessid (näiteks *WAL Writer* – logi kettale kirjutamine)
- Mäluruumid
 - Jagatud mälu ruum (seal näiteks alamosad plokkide (lehekülgede) ja logi hoidmiseks)
 - Serveriprotsesside privaatseid mälu ruumid

PostgreSQL failid

- Andmefailid – iga tabel/indeks eraldi failis
 - Kui tabel/indeks suurem kui 1GB, siis jaguneb segmentideks, millest igaühel vastab eraldi fail
- Logifailid
- Ajutised failid
- Konfiguratsioonifailid
 - postgresql.conf* – käivitusparameetrite väärtused
 - pg_hba.conf* – andmebaasidele juurdepääsu piirangud

Andmeväärtuste salvestamine

- "Plokk" asemel kasutab terminit "lehekülg".
- Leheküljel on fikseeritud suurus (vaikimisi 8KB).
- Kasutaja sisestatud rida ei tohi jaguneda mitme lehekülje vahel.
- Suure andmemahuga andmeväärtuste salvestamiseks kasutatakse *The Oversized-Attribute Storage Technique (TOAST)* tehnikat.

Andmeväärtuste salvestamine (2)

- ♦ Kasutaja jaoks märkamatu pakitakse TOASTitud väärtus kokku ja/või jaotatakse mitmeks füüsiliseks reaks.
- ♦ TOASTitud väärtused võib salvestada eraldi TOAST tabelis (st ülejäänud reast eraldi).
 - Kui päringule saab vastata ilma TOASTimata andmeväärtuseid lugemata, siis peab süsteem lugema vähem lehekülgi.
- ♦ Veeruga seotud strateegia määramiseks (väärtus pakkida või mitte, salvestada eraldi või mitte):
 - ALTER TABLE ... ALTER column SET STORAGE ...

10.11.2017

Teema 3

115

PostgreSQL realiseerib

- ♦ **Pesastatud lehekülgede** salvestusmudel
 - Leheküljes massiiv viidetega elementide (ridade või indeksi sissekannete) algusele
- ♦ **Write Ahead Logging (WAL)**
 - Logi andmemuudatuse kohta peab olema salvestatud enne räpase lehekülje salvestamist
- ♦ **Multiversioon-konkurentsjuhtimine**
 - Samaaegselt saab rea andmeid lugeda ja muuta

10.11.2017

Teema 3

116



Multiversioon-konkurentsjuhtimine

- ♦ PostgreSQL *ei pane* plokkide muutmiseeliseid versioone eraldi asukohta (nagu Oracle paneb undo segmenti), vaid hoiab ridade muutmiseeliseid versioone koos ülejäänud tabeli andmetega.
 - Lõppkasutaja tabelis neid ridu ei näe, kuid andmebaasi sisemisel tasemel on need alles.
- ♦ Aeg-ajalt peab käivituma **prügikoristus** (*vacuum*) ebavajalikeks muutunud versioonide kustutamiseks.
- ♦ Selle käivitamist saab automatiseerida (*autovacuum* protsess).

10.11.2017

Teema 3

117

Millega peavad andmebaasi-süsteemide arendajad arvestama?

- ♦ **Muutmälu** odavneb, selle maht arvutites suureneb, paljud andmebaasid mahuks muutmällu.
- ♦ **Säilmälu** (*non-volatile memory*) kasutuselevõtt andmete püsisalvestamiseks tähendab, et neid andmeid saab palju kiiremini lugeda kui tänapäeva kõvaketastelt.
 - Kiiruse osas vähineb erinevus muutmälu ja püsisalvestuse vahel.

10.11.2017

Teema 3

118

Millega peavad andmebaasi-süsteemide arendajad arvestama? (2)

- ♦ Operatiivandmete andmebaasides toimuvad **transaktsioonid** on lühikesed ja hõlmavad väikest andmehulka.
- ♦ Üha rohkem kasutatakse arhitektuuri (**Shared Nothing Partitioning**), kus andmebaasis olevad andmed on jaotatud erinevate serverite vahel ning vajadusel saab jooksvalt süsteemi servereid juurde lisada.

10.11.2017

Teema 3

119

Millega peavad andmebaasi-süsteemide arendajad arvestama? (3)

- ♦ Süsteemidelt oodatakse **kõrget käideldavust** (kättesaadavust ja kasutatavust volitatud subjekti nõudel).
- ♦ Kokkuhoiu ja efektiivsuse tõstmise tingimustes on vajalikud võimalikult **arukad** süsteemid, mis ei vaja inimeste poolset peenhäälestamist, vaid saavad võimalikult paljude tekkivate probleemidega jooksvalt ise hakkama.

10.11.2017


Teema 3

120

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Arengusuunad

- ♦ Hetkel turul valdavate **üldotstarbeliste** andmebaasisüsteemide arhitektuur ei arvesta kõige paremini muutuvate oludega ning seetõttu võivad olla vajalikud muudatused andmebaasisüsteemide arhitektuuris (vt NewSQL süsteeme).
- ♦ "Üks suurus kõigile" süsteemide asemel tulevad turule kitsa valdkonna jaoks optimeeritud süsteemid.



10.11.2017 Teema 3 121

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Spetsialiseerunud süsteemi näide

Avatud lähtekoodiga!

- ♦ NoSQL süsteem (vt teema 9) *InfluxDB*, mis mõeldud ajaseeriade, sündmuste, mõõtetulemuste registreerimiseks ja analüüsimiseks. SQLi sarnane päringukeel.
- ♦ Andmeid registreeritakse dokumentidena.

```

{
  "name": "log_lines",
  "columns": [{"line": "sequence_number", "line": "line"},
  "points": [
    [1400025947368, 1, "this line is first"],
    [1400025947368, 2, "and this is second"]
  ]
}

```

Dokumendi fragment:
https://docs.influxdata.com/influxdb/v0.8/api/reading_and_writing_data/

10.11.2017 Teema 3 122

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Spetsialiseerunud süsteemi näide (2)

Avatud lähtekoodiga!

- ♦ SQL-andmebaasisüsteem *Timescale*, mis on realiseeritud PostgreSQL laiendusena.
- ♦ Samasuguste andmete töötlemiseks nagu *InfluxDB*. Kasutusel SQL päringukeel.
- ♦ Tagab hea töökiiruse suure tabeli jagamisega väiksemateks alamosadeks (seksioonideks jagamine), mis mahuvad korraga mälli.
 - Võivad olla jagatud eri ketastele või serveritele.

10.11.2017 Teema 3 123

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Spetsialiseerunud süsteemi näide (3)

Avatud lähtekoodiga!

- ♦ Andmeanalüüsile (**maatriksarvutused**) spetsialiseerunud andmebaasisüsteem *SciDB*.
- ♦ Kontseptuaalsel tasemel näeb andmebaasi kasutaja andmeid **mitmemõõtmelistes massiivides**, kuid sisemiselt on nendes olevad andmed süsteemi poolt jagatud osadeks ja salvestatud erinevatele serveritele.
- ♦ Kooskasutatavad andmed füüsiliselt lähestikku.

10.11.2017 Teema 3 124

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Arengusuunad (2)

- ♦ **polyglot persistence** – erinevat tüüpi (kasutamise otstarbe ja sagedusega, andmemahutusega, turvasemega, struktureerituse astmega) andmete korral võiks kasutada erinevat andmete salvestamise tehnoloogiat (SQL, NoSQL, NewSQL, XML, OO jne).
 - Võimalik nii ühe rakenduse kui terve ettevõtte infosüsteemi piires.

10.11.2017 Teema 3 125

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Kuidas saavutada *polyglot persistence*?

- ♦ Üha rohkem andmebaasisüsteeme, mis toetavad **mitut andmemudelit**.
 - <https://db-engines.com/en/ranking> (Database model = Multi-model)
- ♦ Süsteem võib küll toetada ühte andmemudelit, kuid **rikastada** seda võimalustega teistest andmemudelitest.
 - Nt PostgreSQL andmetüübid/operaatorid hierarhiliste (XML, JSON) dokumentide ja võtme-väärtuse paaride hoidmiseks (vt teema 2, 9).

10.11.2017 Teema 3 126

Arengusuunad (4)

- Andmebaasisüsteemide loojad loovad käed **riistvara tootjatega**, et pakkuda lisaks andmebaasisüsteemile ka andmebaasisüsteemi vajadustest lähtuvalt väljatöötatud riistvara (andmebaasimasinaid).
- Näide:
 - Oracle Exadata: https://en.wikipedia.org/wiki/Oracle_Exadata
 - Mõned Oracle võimalused toimivad vaid sellel platvormil: <http://kerryosborne.oracle-guy.com/2014/08/exadata-zone-maps/>

10.11.2017

Teema 3

127

Arengusuunad (5)

- Üha rohkem **vaba tarkvara** ning selline tarkvara ei jää võimekuselt enam *omanduslikule tarkvarale* alla.
- Üha rohkem andmebaasisüsteeme, mis hoiavad töö ajal **kogu andmebaasi muutmälus**.
 - 2016. aasta seisuga üks *terabait* muutmälu umbes 15000 USD. Paljud operatiivandmete andmebaasid on väiksema andmemahuga.

10.11.2017

Teema 3

128

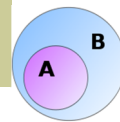
Arengusuunad (6)

- Arvestades andmehulkade kasvuga ja üha suurema hulga küsimustega, millele nende andmete põhjal vastust leida, peaks olema võimalik saada vastuseid **mõistliku** ajaga.

10.11.2017

Teema 3

129



Arengusuunad (7)

- Andmebaasisüsteem võiks võimaldada määrata päringu täitmiseks kulutatava aja **ülempiiri** ning vastuse oodatava täpsuse **alampiiri**.
- Andmebaasisüsteem vaatab päringu täitmiseks läbi ainult **osa** andmeid ja valib selle osa **arukalt**.
 - Näide: BlinkDB, <http://blinkdb.org/>

10.11.2017

Teema 3

130

Arengusuunad (8) – BlinkDB päringute näiteid

- SELECT Avg(sal) AS keskm FROM Emp WHERE deptno = 20 **WITHIN 2 SECONDS**;
- SELECT Avg(sal) AS keskm FROM Emp WHERE deptno = 20 **ERROR 0.1 CONFIDENCE 95%**;
 - Oletame, et töötajaid on kokku 10000. Süsteem annab näiteks vastuse 1000 töötaja põhjal. Valimi suurus sõltub päringu piirangutest.

10.11.2017

Teema 3

131

Read
valitakse
juhuslikult!

PostgreSQLis ja Oracles piiratud võimalused

- Keskmine palk (umbes 25% töötajate põhjal).
 - Oracle
 - SELECT Avg(sal) AS keskmine_palk FROM Emp SAMPLE (25);
 - PostgreSQL (alates 9.5)
 - SELECT Avg(sal) AS keskmine_palk FROM Emp TABLESAMPLE BERNOULLI(25);
 - Päringu täitmise ajale/tulemuse täpsusele SQL lauses piiri seada ei saa.

10.11.2017

Teema 3

132

Kuidas tarkvara levitada?

- ♦ **Omanduslik** tarkvara (*proprietary software*).
- ♦ Tarkvara levitamine **loobudes** igasugustest omanduslikest **õigustest** (*public domain*).
- ♦ Tarkvara levitamine **vaba tarkvarana** (tagab vabaduse säilimise).
 - **vaba tarkvara** ⇔ **priivara** e **vabavara**.
 - **vaba tarkvara** – "mõtle sõnavabadusele, mitte tasuta õllele".

10.11.2017

Teema 3

133

Omanduslik tarkvara

- ♦ Omandusliku tarkvara ostmisega kaasneb õigus kasutada seda **litsentsilepingus lubatud tingimustel**, kuid tarkvara jääb endiselt selle **loojate omandusse** – sealt ka nimetus "omanduslik tarkvara".
- ♦ Litsentsilepingu piirangute näited:
 - piiratud arvutite arv, millele tohib paigutada,
 - keeld edasi levitada, muuta või lähtekoodi teadasaamiseks decompileerida.

10.11.2017

Teema 3

134

Omanduslik tarkvara (2)

- ♦ Näited: Oracle Database Enterprise Edition, IBM DB2, Microsoft SQL Server.
- ♦ Arendamine palgaliste töötajate poolt.
- ♦ **Lähtekood ei ole avalik.**
- ♦ Veaparandusi ei saa ise teha, vaid tuleb oodata, millal arendajad need ükskord tehtud saavad.
- ♦ Uusi versioone tuleb suhteliselt kaua oodata.

10.11.2017

Teema 3

135

Omanduslik tarkvara(3)

- ♦ Tavaliselt suhteliselt kõrge hind (samas võib ka olla tasuta). Näiteks *Oracle Enterprise Edition* maksab 47500 USD ühe serveri CPU kohta või 950 USD ühe nimelise kasutaja kohta.
- ♦ Iga *Option* veel lisaks 10000–50000 USD protsessori kohta.
- ♦ (Allikas: Oracle Technology Global Price List, June 1, 2017, <http://www.oracle.com/us/corporate/pricing/technology-price-list-070617.pdf>)

10.11.2017

Teema 3

136

Omanduslik tarkvara(4)

- ♦ Tarkvara on keerukas ja sisaldab palju funktsioone.
- ♦ Kõrged koolituskulud. Samas teeb arendajate ja administreerijate töö lihtsamaks ja sealt tuleb kokkuhoidu.
- ♦ Laialdased võimalused kasutajatoe saamiseks, täiendõppeks, lisainfo saamiseks.

10.11.2017

Teema 3

137

Vaba tarkvara

- ♦ Näited: PostgreSQL, MySQL Community Edition, MariaDB, Firebird, Oracle BerkeleyDB
- ♦ Sageli arendamine algas/toimub entusiastide grupi poolt.
- ♦ On ka süsteeme, mis on sündinud omandusliku süsteemina, kuid mille kood on mingil hetkel muutunud avalikuks:
 - SAP MaxDB (ver 7.2-7.5; hilisemad versioonid nüüd uuesti suletud lähtekoodiga), Ingres ja Apache Derby (endine IBM Cloudscape).
- ♦ Uued versioonid ilmuvad suhteliselt sagedasti.

10.11.2017

Teema 3

138


Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Vaba tarkvara (2)

- ♦ **Lähtekood on avalik.**
- ♦ Õigused ja kohustused, mis tagavad vabadused, on kirjeldatud litsentsis.
 - <https://www.blackducksoftware.com/top-open-source-licenses>
 - Võrreldes omandusliku tarkvaraga annavad need palju suuremad vabadused tarkvara kasutada ja levitada.

10.11.2017 Teema 3 139

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar



Vaba tarkvara (3)

- ♦ Mida rohkem silmi koodi vaatab, seda rohkem leitakse/parandatakse vigu ja seda kasulikum on tarkvara lõpuks kõigile kasutajatele
- ♦ Lähtekoodi avalikkus soodustab arendustiimis erineva tausta, erialade ja huvidega inimeste kokkusaamist ja ideede vahetust – soodustab *innovatsiooni*

10.11.2017 Teema 3 140

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Vaba tarkvara vs. avatud lähtekoodiga tarkvara

- ♦ Iga vaba tarkvara on ka avatud lähtekoodiga
- ♦ Mõni avatud lähtekoodiga ei kvalifitseeru vabaks:
 - liiga piirav litsents,
 - suruvad alternatiivseid versioone arvatist välja.
- ♦ <http://www.gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.html>

10.11.2017 Teema 3 141


Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

Litsentside näiteid

- ♦ PostgreSQL – **The PostgreSQL Licence (TPL)**
- ♦ MySQL Community Edition – **GNU General Public Licence (GPL)**
 - Kui ei soovi MySQL baasil avaldatud tarkvara vaba tarkvarana levitada, siis tuleb osta MySQLi omanduslik litsents (*dual licensing policy*)
 - MySQL Enterprise Editionisse lisatakse suletud lähtekoodiga laiendusi (*open core* ärimudel)

10.11.2017 Teema 3 142

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar



GPL


- ♦ Vabadus tarkvara kasutada, koodi uurida, koodi parandada, koodi levitada. **Kõik need vabadused peavad koopiote või edasiarenduste puhul säilima.**
- ♦ Kui teed GPL tarkvaras muudatusi või kasutate seda mõne teise tarkvara koosseisus, siis:
 - levitate muudetud/loodud tarkvara kui vaba tarkvara GPL litsentsi all,
 - ei levita tarkvara üldse.

10.11.2017 Teema 3 143

Andmebaasid II 2017 © Erki Eessaar

<https://www.postgresql.org/about/licence/>

PostgreSQL litsents



- ♦ Annab täieliku vabaduse tarkvara kasutada (*use, copy, modify, and distribute*). Sealhulgas on õigus kasutada ja levitada seda tarkvara suletud lähtekoodiga tarkvarasüsteemides.
- ♦ Näide.
 - Postgres Plus Advanced Server – PostgreSQLil põhinev andmebaasisüsteem (arendav firma: EnterpriseDB)
 - Lähtekood ei ole avalik, kuid arendajad panustavad ka PostgreSQL arendamisse
 - Võimaldab kasutada enamikke Oracle jaoks loodud rakendusi ilma rakendust muutmata

10.11.2017 Teema 3 144

