

CS-A1150 Tietokannat

11.2.2019

Oppimistavoitteet: tämän luennon jälkeen

- ▶ Tiedät, mitä tarkoitetaan relaatioalgebralla.
- ▶ Osaat tehdä erilaisia kyselyitä relaatioalgebran operaattoreiden avulla.

Kertausta: relaatio

- ▶ Tietokanta koostuu kaksiulotteisista tauluista (table), joita kutsutaan *relaatioiksi* (relation).
- ▶ Jokaisella relaatiolla on joukko nimettyjä *attribuutteja* (attribute).
- ▶ Kullakin taulun rivillä eli monikolla (tuple) on arvot eri attribuuteille.
- ▶ Attribuuttien arvojen tulee olla atomisia (esim. yksittäinen lukuarvo tai merkkijono, ei esimerkiksi joukko tai monikko). Arvoilla on tyyppi.

Relation Customers

<i>custNo</i>	<i>name</i>	<i>born</i>	<i>bonus</i>	<i>address</i>	<i>email</i>
112233	Teemu Teekkari	1995	55	Servinkuja 3	tteekkari@gmail.com
554422	Riina Raksalainen	1993	43	Otaranta 8	riinar@yahoo.com
37856	Antti Virta	1970	12	Aaltokatu 4	antti@hotmail.com

Relaatioalgebra

- ▶ Relatioalgebralla voidaan muodostaa uusia relaatioita olemassa olevista relaatioista.
- ▶ Käytännössä relatioalgebran lausekkeet vastaavat yleensä kyselyitä, jotka ovat muutettavissa suoraan SQL-kielelle.
- ▶ Relatioalgebran lausekkeessa
 - ▶ operandeina ovat relaatiot
 - ▶ operaattoreina ovat relatioalgebran operaatiot
- ▶ Relatioalgebra on teoreettinen pohja relaatiotietokannoille.

Relaatioalgebran operaatiot

- ▶ Lähtörelaatioita pienentävät operaatiot
 - ▶ valintaoperaatio (poistaa relaatiosta osan monikoista)
 - ▶ projektioperaatio (poistaa relaatiosta osan attribuuteista)
- ▶ Relaatioiden monikkoja yhdistävät operaatiot
 - ▶ karteesinen tulo
 - ▶ liitosoperaatiot
- ▶ Uudelleen nimeäminen
 - ▶ ei muuta relaatiota lainkaan, mutta voi olla tarpeellinen toisten operaatioiden kannalta
- ▶ Joukkooperaatiot:
 - ▶ yhdiste
 - ▶ leikkaus
 - ▶ erotus

- ▶ Relaatioon R kohdistuva valinta (selection) tuottaa uuden relaation, joka on R :n osajoukko. Valinta

$$\sigma_C(R)$$

tuottaa tulosrelaation, johon on valittu ne R :n monikot, jotka täyttävät ehdon C .

- ▶ Tulosrelaatiossa esiintyy siis vain osa alkuperäisen relaation monikoista tai kaikki monikot, jos ehto C on tosi kaikille relaation monikoille.
- ▶ Ehto C on ehtolauseke, jossa voi esiintyä
 - ▶ R :n attribuutteja tai niiden arvojoukkojen vakioita
 - ▶ R :n attribuuteille määriteltyjä vertailuoperaattoreita ja loogisia operaattoreita (AND, OR, NOT).

Esimerkkejä valintaoperaatiosta

- ▶ Seuraavasta relaatiosta vuoden 1992 jälkeen syntyneet asiakkaat:

Relation Customers

<i>custNo</i>	<i>name</i>	<i>born</i>	<i>bonus</i>	<i>address</i>	<i>email</i>
112233	Teemu Teekkari	1995	55	Servinkuja 3	tteekkari@gmail.com
554422	Riina Raksalainen	1993	43	Otaranta 8	riinar@yahoo.com
37856	Antti Virta	1970	12	Aaltokatu 4	antti@hotmail.com
77233	Nina Teekkari	1991	20	Servinkuja 3	nite@hotmail.com

- ▶ Relaatioalgebran lauseke

$$\sigma_{born > 1992}(\text{Customers})$$

- ▶ Tulosrelaatio on

Result

<i>custNo</i>	<i>name</i>	<i>born</i>	<i>bonus</i>	<i>address</i>	<i>email</i>
112233	Teemu Teekkari	1995	55	Servinkuja 3	tteekkari@gmail.com
554422	Riina Raksalainen	1993	43	Otaranta 8	riinar@yahoo.com

Esimerkkejä valintaoperaatiosta, jatkoa

- ▶ Haetaan edellisen kalvon relaatiosta Customers ne monikot, joissa syntymävuosi on suurempi kuin 1992 ja osoite Servinkuja 3.
- ▶ Relaatioalgebran lauseke

$$\sigma_{\text{born} > 1992 \text{ AND } \text{address} = \text{'Servinkuja 3'}}(\text{Customers})$$

- ▶ Tulosrelaatio on

Result

<i>custNo</i>	<i>name</i>	<i>born</i>	<i>bonus</i>	<i>address</i>	<i>email</i>
112233	Teemu Teekkari	1995	55	Servinkuja 3	tteekkari@gmail.com

Projektio

- ▶ Projektion (projection) avulla voidaan valita relaatiosta R halutut sarakkeet.
- ▶ Projektio

$$\pi_{A_1, A_2, \dots, A_n}(R)$$

tuottaa relaation valitsemalla R :stä attribuutteja A_1, A_2, \dots, A_n vastaavat sarakkeet ja poistamalla mahdolliset toisteiset monikot.

- ▶ Ero (alkuperäisen) relaatioalgebran ja SQL-kyselykielen välillä: relaatioalgebrassa toisteiset rivit poistetaan, SQL jättää toisteiset monikot.

Esimerkki projektista

- ▶ Tarkastellaan relaatiota Customers

Relation Customers

<i>custNo</i>	<i>name</i>	<i>born</i>	<i>bonus</i>	<i>address</i>	<i>email</i>
112233	Teemu Teekkari	1995	55	Servinkuja 3	tteekkari@gmail.com
554422	Riina Raksalainen	1993	43	Otaranta 8	riinar@yahoo.com
37856	Antti Virta	1970	12	Aaltokatu 4	antti@hotmail.com
77233	Nina Teekkari	1991	20	Servinkuja 3	nite@hotmail.com

- ▶ Tulosrelaatio lausekkeesta

$$\pi_{custNo, name, email}(Customers)$$

Result

<i>custNo</i>	<i>name</i>	<i>email</i>
112233	Teemu Teekkari	tteekkari@gmail.com
554422	Riina Raksalainen	riinar@yahoo.com
37856	Antti Virta	antti@hotmail.com
77233	Nina Teekkari	nite@hotmail.com

Esimerkki projektista, jatkuu

- ▶ Sen sijaan lausekkeen

$$\pi_{address}(\text{Customers})$$

tulosrelaatio on

Result

<i>address</i>
Servinkuja 3
Otaranta 8
Aaltokatu 4

Huomaa rivien määrä!

Operaatioiden yhdistäminen

- ▶ Relaatioalgebran lausekkeen tulos on uusi relaatio. Se voidaan antaa operandiksi toiselle relaatioalgebran operaattorille.
- ▶ Esimerkki: tarkastellaan relaatiota
Customers(custNo, name, born, bonus, address, email).
Kirjoita lauseke, joka esittää seuraavaa kyselyä: *Mitkä ovat niiden asiakkaiden nimet ja sähköpostiosoitteet, jotka ovat syntyneet vuoden 1992 jälkeen ja joiden osoite on Servinkuja 3?*

Operaatioiden yhdistäminen, jatkoa

- ▶ *Mitkä ovat niiden asiakkaiden nimet ja sähköpostiosoitteet, jotka ovat syntyneet vuoden 1992 jälkeen ja joiden osoite on Servinkuja 3?*
- ▶ Kyselyä kuvaava relaatioalgebran lauseke:

$\pi_{name,email}(\sigma_{born>1992 \text{ AND } address='Servinkuja 3'}(Customers))$

Karteeminen tulo

- ▶ Joukkojen R ja S karteeminen tulo (cartesian product) muodostuu kaikista sellaisista pareista, joissa ensimmäinen alkio kuuluu joukkoon R ja toinen alkio joukkoon S .
- ▶ Jos R ja S ovat relaatioita, niin niiden karteesisen tulon $R \times S$ tulosrelaation kaavio on R :n ja S :n kaavion yhdiste. Toisin sanoen: tulosrelaatiossa on sekä kaikki R :n attribuutit että kaikki S :n attribuutit.
- ▶ Tulosrelaatio sisältää kaikki mahdolliset monikot, joissa jokin R :n monikko on yhdistetty jonkin S :n monikon kanssa.
- ▶ Jos R :ssä on m monikkoa ja S :ssä n monikkoa, on tulosrelaatiossa mn monikkoa.
- ▶ Jos R :n ja S :n relaatiokaavioissa on samannimisiä attribuutteja, ne on nimettävä uudelleen siten, että ne ovat erotettavissa. Esimerkiksi yhteinen attribuutti A voidaan nimetä $R.A$:ksi ja $S.A$:ksi.

Esimerkki karteesisesta tulosta

Relation U

<i>nimi</i>	<i>pisteet</i>
Pekka	2
Maija	4

Relation V

<i>pisteet</i>	<i>taso</i>	<i>bonus</i>
2	5	6
4	7	8
9	10	11

Tulosrelaatio $U \times V$

Result

<i>nimi</i>	<i>U.pisteet</i>	<i>V.pisteet</i>	<i>taso</i>	<i>bonus</i>
Pekka	2	2	5	6
Pekka	2	4	7	8
Pekka	2	9	10	11
Maija	4	2	5	6
Maija	4	4	7	8
Maija	4	9	10	11

Mitä karteesisella tulolla voi tehdä?

- ▶ Tarkastellaan seuraavia relaatioita

Relation Students

<i>id</i>	<i>name</i>	<i>program</i>
123456	T Teekkari	SCI1
224455	R Konemies	ENG1
332211	K Kemisti	CHEM1

Relation Grades

<i>studId</i>	<i>courseId</i>	<i>date</i>	<i>grade</i>
123456	CSE-A1110	3.12.2015	5
332211	MS-A0107	5.12.2015	1
224455	CSE-A1111	5.12.2015	4
123456	MS-A0101	4.12.2015	3
224455	MS-A0105	9.12.2015	2
123456	MS-A0001	2.12.2015	4

- ▶ Mitä niiden karteesinen tulo edustaa? Mitä sillä voisi tehdä?
 - ▶ Mieti vieruskaverin kanssa ja kirjoitelkaa ideoita sivulla <http://presemoo.aalto.fi/tietokannat>

Kartesinen tulo yhdistettynä valintaan

- ▶ Karteesinen tulo yksistään voi vaikuttaa oudolta operaatiolta, mutta kun tulosrelaatioon kohdistetaan valinta, voidaan relaatioita yhdistää monipuolisesti mielekkäillä tavoilla.
- ▶ Esimerkki: hae kalvon 15 esimerkin tulosrelaatiosta ne monikot, joilla molempien lähtörelaatioiden *pisteet*-attribuuttien arvot ovat samoja.
- ▶ Vastaava relaatioalgebran lauseke:

$$\sigma_{U.pisteet=V.pisteet}(U \times V)$$

- ▶ Tulosrelaatio

Result

<i>nimi</i>	<i>U.pisteet</i>	<i>V.pisteet</i>	<i>taso</i>	<i>bonus</i>
Pekka	2	2	5	6
Maija	4	4	7	8

Luonnollinen liitos

- ▶ Relaatioiden R ja S luonnollinen liitos (natural join) $R \bowtie S$ saadaan ottamalla näiden relaatioiden karteesinen tulo ja valitsemalla siitä tulosrelaatioon vain ne rivit, joilla on samat arvot relaatiokaavioiden R ja S yhteisten (samannimisten) attribuuttien osalta.
- ▶ Yhteiset attribuutit otetaan tulosrelaatioon mukaan vain kerran.
- ▶ Esimerkiksi muodostamalla edellä esitettyjen esimerkkirelaatioiden U ja V luonnollinen liitos $U \bowtie V$ saadaan tulosrelaatio

$U \bowtie V$

<i>nimi</i>	<i>pisteet</i>	<i>taso</i>	<i>bonus</i>
Pekka	2	5	6
Maija	4	7	8

Luonnollinen liitos, jatkoa

- ▶ Luonnollinen liitos on tärkeä, koska sen avulla voidaan kyselyissä yhdistää eri relaatioihin tallennettua toisiinsa liittyvää tietoa.
- ▶ Tarkastellaan esimerkkinä pankin tietokantaa.

Relation Bankcustomers

<i>idNo</i>	<i>firstName</i>	<i>lastName</i>	<i>address</i>
901-222	Robbie	Banks	43 Bridge St
805-333	Lena	Hand	28 Maple St
965-111	Matt	Smith	55 Oak St

Relation Accounts

<i>accountNo</i>	<i>idNo</i>	<i>type</i>	<i>balance</i>
12345	805-333	checking	5200.00
43276	901-222	checking	643.50
94235	901-222	savings	14400.20
23987	965-111	checking	12345.20

Luonnollinen liitos, jatkoa

- ▶ Halutaan listata niiden asiakkaiden nimet, joiden jonkin tilin saldo on vähintään 10 000 euroa.
- ▶ Lauseke

$\pi_{firstName,lastName}(\sigma_{balance \geq 10000}(\text{Bankcustomers} \bowtie \text{Accounts}))$

Theta-liitos

- ▶ Luonnollisessa liitoksessa liitosehto on aina yhteisten attribuuttien yhtäsuuruus.
- ▶ Jos relaatioilla ei ole samannimisiä attribuutteja, luonnollisessa liitoksessa ei ole järkeä.
- ▶ Luonnollinen liitos ei myöskään anna mahdollisuutta mielivaltaisille ehdoille.
- ▶ Theta-liitoksessa (theta join) annetaan erillinen liitosehdon määrittelevä ehto C . Se voi olla vastaava ehtolauseke kuin valintaoperaation yhteydessä.
- ▶ Relaatioiden R ja S theta-liitos $R \bowtie_C S$ voidaan muodostaa seuraavasti:
 1. Muodostetaan R :n ja S :n karteesinen tulo $R \times S$
 2. Valitaan tulosrelaatiosta ne monikot, jotka toteuttavat ehdon C
 3. Jos R :llä ja S :llä on samannimisiä attribuutteja, nimetään ne uudelleen.

Esimerkki theta-liitoksesta

Relation Harjoitus

<i>nimi</i>	<i>pisteet</i>	<i>arvosana</i>
Liisa	10	1
Pekka	20	2
Maija	40	4

Relation Tentti

<i>nimi</i>	<i>pisteet</i>	<i>arvosana</i>
Pekka	16	0
Liisa	20	1
Maija	28	3

Halutaan etsiä opiskelijat, joiden tenttiarvosana on pienempi kuin harjoitusarvosana. Ensimmäinen (virheellinen) yritys:

$Tentti \bowtie_{Tentti.arvosana < Harjoitus.arvosana} Harjoitus$

Result

<i>Tentti.nimi</i>	<i>Tentti.pisteet</i>	<i>Tentti.arvosana</i>	<i>Harjoitus.nimi</i>	<i>Harjoitus.pisteet</i>	<i>Harjoitus.arvosana</i>
Pekka	16	0	Liisa	10	1
Pekka	16	0	Pekka	20	2
Pekka	16	0	Maija	40	4
Liisa	20	1	Pekka	20	2
Liisa	20	1	Maija	40	4
Maija	28	3	Maija	40	4

Esimerkki theta-liitoksesta, jatkuu

- ▶ Theta-liitos yhdistelee kaikki monikkoparit, jotka toteuttavat annetun ehdon. Siksi edellisen kalvon esimerkissä tuli myös pareja, joissa on eri nimi.
- ▶ Korjaus: vaaditaan ehdossa myös, että nimen täytyy olla sama:

`Tentti` ⋈_{`Tentti.nimi=Harjoitus.nimi AND Tentti.arvosana<Harjoitus.arvosana`} `Harjoitus`

Result

<i>Tentti.nimi</i>	<i>Tentti.pisteet</i>	<i>Tentti.arvosana</i>	<i>Harjoitus.nimi</i>	<i>Harjoitus.pisteet</i>	<i>Harjoitus.arvosana</i>
Pekka	16	0	Pekka	20	2
Maija	28	3	Maija	40	4

Relaatioiden joukko-operaatiot

- ▶ Relatioiden joukko-operaatiot ovat
 - ▶ $R \cup S$, relaatioiden R ja S yhdiste eli unioni (union)
 - ▶ $R \cap S$, relaatioiden R ja S leikkaus (intersection)
 - ▶ $R - S$, relaatioiden R ja S erotus (difference)
- ▶ Joukko-operaatiot edellyttävät, että
 1. relaatioiden R ja S relaatiokaaviot muodostuvat samoista attribuuteista.
 2. ennen laskentaa R :n ja S :n sarakkeet järjestetään uudelleen niin, että molempien relaatioiden attribuutit ovat samassa järjestyksessä.

Yhdiste

- ▶ Relaatioiden R ja S yhdiste $R \cup S$ sisältää kaikki ne monikot, jotka esiintyvät joko R :ssä, S :ssä tai molemmissa. Jos monikko esiintyy sekä R :ssä että S :ssä, esiintyy se tulosrelaatiossa vain kerran.

Relation Tilaaajat1

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
123	Matti	Pihakuja 5
441	Maisa	Lintutie 6 A

Relation Tilaaajat2

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
256	Minna	Kauppakatu 8
123	Matti	Pihakuja 5

Yhdiste Tilaaajat1 \cup Tilaaajat2

Result

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
123	Matti	Pihakuja 5
441	Maisa	Lintutie 6 A
256	Minna	Kauppakatu 8

Leikkaus

- ▶ Relaatioiden R ja S leikkaus $R \cap S$ sisältää kaikki ne monikot, jotka esiintyvät sekä R :ssä että S :ssä.

Relation Tilaaajat1

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
123	Matti	Pihakuja 5
441	Maisa	Lintutie 6 A

Relation Tilaaajat2

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
256	Minna	Kauppakatu 8
123	Matti	Pihakuja 5

Leikkaus $Tilaaajat1 \cap Tilaaajat2$

Result

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
123	Matti	Pihakuja 5

Erotus

- ▶ Relaatioiden R ja S erotus $R - S$ sisältää kaikki ne monikot, jotka esiintyvät R :ssä, mutta eivät esiinny S :ssä.

Relation Tilaaajat1

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
123	Matti	Pihakuja 5
441	Maisa	Lintutie 6 A

Relation Tilaaajat2

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
256	Minna	Kauppakatu 8
123	Matti	Pihakuja 5

Erotus Tilaaajat1 – Tilaaajat2

Result

<i>asikasnro</i>	<i>nimi</i>	<i>osoite</i>
441	Maisa	Lintutie 6 A

- ▶ **HUOM:** Opiskelijoiden tenttivastauksissa käytetään usein leikkausta, kun pitäisi käyttää erotusta, tai päinvastoin. Mieti tarkasti, kumpi on oikea operaatio!

Uudelleen nimeäminen

- ▶ Uudelleennimentäoperaation ρ avulla voidaan joko relaatiolle, sen attribuuteille tai molemmille antaa uusi nimi.
- ▶ Operaatio

$$\rho_{S(A_1, A_2, \dots, A_n)}(R)$$

tuottaa relaatiokaavion $S(A_1, A_2, \dots, A_n)$ mukaisen relaation, jossa on täsmälleen samat monikot kuin relaatiossa R . Relaation ja attribuuttien nimet ovat siis vaihtuneet.

- ▶ Jos ainoastaan relaatiolle R annetaan uusi nimi, mutta attribuuttien nimiä ei muuteta, esitetään operaatio muodossa

$$\rho_S(R)$$

Uudelleen nimeäminen, jatkoa

- ▶ Uudelleennimeämisoperaation avulla voidaan esim.
 - ▶ karteesisen tulon yhteydessä vaihtaa samannimisten attribuuttien nimiä sekaannusten välttämiseksi
 - ▶ vaihtaa kahden relaation attribuuttien nimiä samoiksi ennen joukko-operaatioita
 - ▶ kirjoittaa liitosoperaatioita, joissa relaatio liitetään itsensä kanssa.

Esimerkki: uudelleennimeäminen ja liitos

- ▶ Tarkastellaan seuraavaa relaatiota, joka esittää Q-kauppaketjun myymälöiden sijaintia.

Relation Stores

<i>name</i>	<i>address</i>	<i>city</i>
Q-Otaniemi	Otakaari 11	Espoo
Q-Peltolampi	Peltolamminkatu 40	Tampere
Q-Herttoniemi	Hiihtomäentie 14	Helsinki
Q-Tampella	Lapintie 3	Tampere
Q-Leppävaara	Läkkisepänkuja 3	Espoo
Q-Kruununhaka	Kirkkokatu 2	Helsinki
Q-Amuri	Puuvillatehtaankatu 12	Tampere
Q-Lintuvaara	Linnuntie 2	Espoo

- ▶ Kirjoita kysely: tulosta pareittain niiden myymälöiden nimet, jotka sijaitsevat samalla paikkakunnalla.

Esimerkki jatkuu

- ▶ Kyselyyn vastaamiseksi relaatio Stores pitää liittää itsensä kanssa ja tutkia attribuutin *city* yhtäsuuruutta.
- ▶ Vähintään toinen liitettävistä relaatiosta pitää nimetä uudelleen, jotta ehdossa voidaan yksilöidä, kumman relaation attribuutteja tarkoitetaan.
- ▶ Ensimmäinen (virheellinen) yritys:

$$\pi_{M1.name, M2.name}(\rho_{M1}(\text{Stores}) \bowtie_{M1.city=M2.city} \rho_{M2}(\text{Stores}))$$

- ▶ Ongelma: tulosrelaatioissa on myös ne parit, joissa sama myymälä esiintyy kahdesti esim. (Q-Otaniemi, Q-Otaniemi)

Esimerkki jatkuu

- ▶ Duplikaattien poisto: lisätään ehto, että nimi ei saa olla sama (rivinvaihto ei oikeasti kuulu lausekkeeseen):

$$\pi_{M1.name, M2.name}(\rho_{M1}(\text{Stores}))$$

$$\bowtie_{M1.city=M2.city \text{ AND } M1.name \neq M2.name} \rho_{M2}(\text{Stores}))$$

- ▶ Jäljelle jäänyt ongelma: sama pari esiintyy tulosrelaatiossa kahdesti, esim. (Q-Otaniemi, Q-Leppävaara) ja (Q-Leppävaara, Q-Otaniemi).
- ▶ Korjaus: vaaditaan nimien erisuuruuden lisäksi sitä, että ensimmäisen nimen pitää olla (jollain kriteerillä) pienempi kuin toisen.

$$\pi_{M1.name, M2.name}(\rho_{M1}(\text{Stores}))$$

$$\bowtie_{M1.city=M2.city \text{ AND } M1.name < M2.name} \rho_{M2}(\text{Stores}))$$

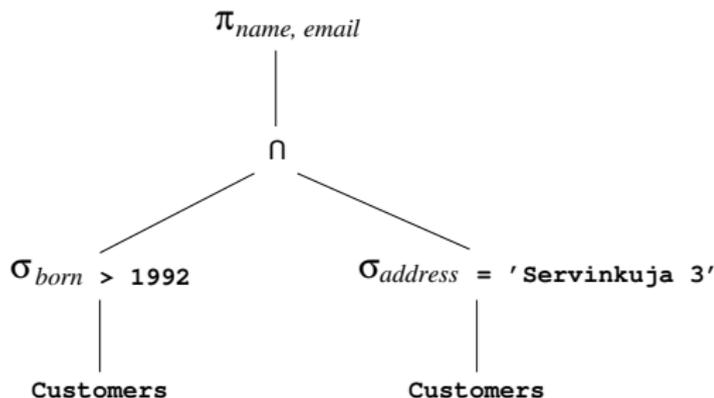
Vaihtoehtoinen notaatio: peräkkäiset sijoitukset

- ▶ Relaatioalgebran lausekkeita voidaan esittää myös nimeämällä välituloksia uusiksi relaatioiksi ja kirjoittamalla sarja sijoituksia, jotka tuottavat saman tulosrelaation kuin alkuperäinen lauseke.
- ▶ Sijoituksissa syntyville uusille relaatioille määritellään relaation nimen lisäksi attribuuttien nimet.
- ▶ Esimerkki: tarkastellaan aikaisemmin esitettyä relaatiota Customers. Mitkä ovat niiden asiakkaiden nimet ja sähköpostiosoitteet, jotka ovat syntyneet vuoden 1992 jälkeen ja joiden osoite on Servinkuja 3?
- ▶ Kysely voidaan esittää peräkkäisten sijoitusten avulla seuraavasti (:= on sijoitusoperaatio):

$$R(o, n, b, s, a, e) := \sigma_{born > 1992}(\text{Customers})$$
$$S(o, n, b, s, a, e) := \sigma_{address = 'Servinkuja 3'}(\text{Customers})$$
$$T(o, n, b, s, a, e) := R \cap S$$
$$\text{Answer}(\text{name}, \text{email}) := \pi_{n, e}(T)$$

Toinen vaihtoehtoinen notaatio: puurakenne

- ▶ Relaatioalgebran lausekkeet voidaan myös esittää puurakenteena.
 - ▶ Puun lehdet edustavat lähtörelaatioita.
 - ▶ Puun solmut edustavat relaatioalgebran operaatioita.
 - ▶ Puun juuri edustaa kyselyn vastausta.
- ▶ Esimerkki: sama kysely kuin edellisellä kalvolla esitettynä puurakenteen avulla.



U

Milloin voi käyttää vaihtoehtoista notaatiota?

- ▶ Kahdella edellisellä kalvolla esitetyt vaihtoehtoiset notaatiot ovat periaatteessa täysin validia relaatioalgebraa, jota voi käyttää kaikkialla aikaisemmin esitetyn notaation sijaan.
- ▶ Kurssilla A+-tehtävissä käytetty relaatioalgebran lausekkeiden automaattinen tarkastus ymmärtää kuitenkin vain kalvoilla 6–32 esitettyä notaatiota.
- ▶ Tenttivastauksissa voi käyttää mitä tahansa näillä kalvoilla esitetyistä kolmesta notaatiosta.