



Arkkitehtuurikuvaus

AuroraAI: Työpaketti 4

Väestörekisterikeskus

Katselmoitu		
Hyväksytty		



Muutosluettelo

Versio	Päivitys	Tekijä	Kuvaus
0.1	25.10.18	AH, JS, TA	Ensimmäinen luonnos
0.2	25.02.19	AH, JS, TA, MK	Kappaleet 4 & 5 lisäykset, päivitykset
0.3	28.02.19	AH, JS, TA, MK	Ensimmäinen julkaisuversio
0.4	01.03.19	AH, JS, TA, MK	Sisällytetty VRK:n korjauksia ja täydennyksiä



Sisällysluettelo

1.	Alkusanat	4
1.1	Laajuus ja rajoitteet	4
1.2	Ominaispiirteet	4
2.	Järjestelmän yleiset vaatimukset	5
3.	Palvelupohjainen rakenne	5
3.1	Palvelukokonaisuudet ja toimitusketjut (Supply Chains)	6
3.2	Palveluiden löytyminen	6
3.2.1	Käyttäjän aikeen tunnistaminen (intentioanalyysi)	6
3.2.2	Palvelurekisteri	7
3.2.3	Dynaaminen kilpailutus	8
3.2.4	Palvelujen välinen rajapinta	8
3.2.5	Palvelukehät	12
3.3	Data	13
3.3.1	Tiedon mallinnus	13
3.3.2	Tiedonsiirto ja tallennus	13
3.3.3	Tiedon koostaminen	16
3.4	Verkon hallintamalli (Governance Model)	16
3.4.1	Periaatteet	16
3.4.2	Polettitalous	18
4.	Digikaksonen	18
4.1	Simulaatio käyttäjästä	18
4.1.1	Profiloinnin toteutus ja anonymisointi	19
4.1.2	Digikaksonen anonymiteetin tasot	19
4.2	Simulaatio reaalielämän palvelusta	20
4.3	Sekoitetut ympäristöt	20
5.	Oppiminen	20
5.1	Vahvistusoppiminen	21
6.	Keinoälyjärjestelmien tekemien päätösten laatu, perusteltavuus ja jäljitettävyys ..	21



1. Alkusanat

Tämä dokumentti kuvaa Aurora A.I. -esiselvitysprojektin korkean tason konseptiarkkitehtuurin.

Aurora on älykkäiden palvelujen avoin, hajautettu verkosto. Sen sijaan että meillä olisi yksittäinen tekoäly, joka tekniikaltaan vanhentuisi joka tapauksessa muutamassa vuodessa, on tavoitteena muodostaa kokonainen verkosto älykkäitä palveluita joita sekä julkiset instanssit, yritykset ja ehkä jopa yksityiset kansalaiset voivat yhdessä rakentaa.

Kokonaisprojektin yhtenä tarkoituksena on tarjota kansalaisille parannettua tilannekuvaa elämästään, jalostamalla ja prosessoimalla tietoa tämän älykkään verkoston mahdollistamana ja tarjoillen se käyttäjälle saumattomana palvelukokonaisuutena.

1.1 Laajuus ja rajoitteet

Dokumentin tarkoitus on esitellä projektin kannalta oleellisia arkkitehtuurin aihealueita ja pyrkiä toimimaan pohjana myöhemmälle kehitystyölle. Sitä ei ole tarkoitettu täydelliseksi arkkitehtuurikuvaukseksi, vaan suuntaviivoittamaan myöhempää teknistä työtä ja vastaamaan mahdollisimman tarkasti projektiryhmän visiota ja tavoitteita. Dokumentti ei toimi referenssiteoksena Auroran-projektin perusteisiin tai taustaan; näitä varten suositellaan perehtymään mm. dokumenttiin "Kehittämisen- ja toimeenpanosuunitelma 2019-2023".

Tekninen konseptiarkkitehtuuri (Aurora-esiselvitysprojektin työpaketti 4) ei ota kantaa järjestelmän sisältöön eli sen päälle toteuttaviin palveluihin, muuta kuin toiminnalle välttämättömien komponenttien ("core-komponentit") osalta.

Dokumentti nykyisessä versiossaan ei määritä ansaintamallia tai tietoturvaan keskittyviä asioita riittävällä laajuudella, mutta ottaa näihin kuitenkin suppeasti kantaa.

1.2 Ominaispiirteet

Aurora-verkon piirteet tulevat parhaiten esiin vertaamalla verkon toimintalogiikkaa esimerkiksi perinteisiin Internet-palveluihin. Vertailun, sekä erojen että yhtäläisyyksien osalta, voikin pitää mielessään kautta linjan luettaessa tätä dokumenttia.

Nettipalvelut keskittyvät lähinnä tarjoamaan tietoa, eivät niinkään tekemään asioita käyttäjän puolesta. Kohdennettu mainonta huomiotta jättäen, ne eivät pääsääntöisesti hyödynnä tietoa käyttäjästä tai tämän viiteryhmästä kykenemättä täten myöskään tarjoamaan aidosti henkilökohtaista palvelukokemusta (ainakaan ilman, että pyytäisivät käyttäjästä suurta määrää dataa – jokainen erikseen ja omaan omistukseensa).



Internet-palveluissa käyttäjä ei yleensä pysty tarkastelemaan läpinäkyvästi, millä kriteereillä palveluita hänelle tarjotaan ja mitä tietoa hänestä hyödynnetään. Jokainen nettisivu toteuttaa pääsääntöisesti omaa tarkoitustaan ilman uudelleenkäyttöarvoa. Palvelut eivät suoraan hyödynnä toinen toisiaan tai harrasta keskinäistä tiedonvaihtoa ja tiedon löytämiseksi täytyy tyypillisesti tietää, mitä on hakemassa.

2. Järjestelmän yleiset vaatimukset

Palvelupohjaiselle alustalle on johdettu seuraavat toiminnalliset ja laadulliset vaatimukset:

- Pitää olla alusta- ja toimittajariippumaton
- Pitää olla teknologiariippumaton (palveluiden sisäinen enkapsulointi)
- Toimittava hajautetusti & vapaasti skaalautuvasti
 - sekä datan että prosessoinnin osalta
 - palveluiden kyettävä hyödyntämään toisiaan
- Palveluiden välisen kommunikoinnin oltava tarkasti määritetty
 - kuitenkin, oltava tarpeeksi mukautuva
- Mahdollistettava dynaaminen palveluiden lisäys/poisto/löytäminen
- Sovelluttava sekä julkisten instanssien, yritysten että yksityishenkilöiden tarpeisiin
- Sisäänrakennettu ansaintamalli
- Tietoturva, datan omistus

3. Palvelupohjainen rakenne

Järjestelmän pohjaksi valittiin palvelupohjainen arkkitehtuuri (SOA), joka hajautetun teknisen toimintaperiaatteen lisäksi mahdollistaa myös projektin verkostomuotoisen monitoimittajaympäristön. Palveluajattelulla eri tahojen toiminta paketoidaan toisistaan riippumattomiksi kokonaisuuksiksi, jolloin niiden väliset riippuvuudet kyetään minimoimaan.

Arkkitehtuuri mahdollistaa uuden, heterogeenisen sisällön liittäminen osaksi järjestelmää kaikissa projektin vaiheissa; Aurora-verkoston toimijat nähdään sisällöntuottajan (uusien palvelujen tekijän) roolissa. Palvelupohjaisuus mahdollistaa myös suljettujen toteutusten teon, itsessään avoimen arkkitehtuurin päälle.



3.1 Palvelukokonaisuudet ja toimitusketjut (Supply Chains)

Järjestelmä pyrkii löytämään optimaalisen kokonaisuuden ja saumattoman palvelukokemuksen useista eri lähteistä, joka vastaa kulloiseenkin käyttäjän henkilökohtaiseen tarpeeseen. Tässä hyödynnetään vahvistusoppimista, johon vaikuttaa käyttäjien kokema subjektiivinen kokemus kokonaispalvelun laadusta sekä saatavilla oleva tieto käyttäjästä itsestään.

Järjestelmä on toimittaja-, teknologia- ja ympäristöriippumaton; se kilpailuttaa automaattisesti parhaan toiminnallisuuden useista rinnakkaisista komponenteista, jotka voivat olla peräisin eri toimittajilta. Core-komponentit kuten intentioanalyysi ja palvelurekisteri ovat kilpailutettavia palveluita muiden joukossa.

3.2 Palveluiden löytyminen

3.2.1 Käyttäjän aikeen tunnistaminen (intentioanalyysi)

Aurora on olemassa, koska se pyrkii vastaamaan käyttäjän konkreettisiin tavoitetiloihin. Kyetäkseen reagoimaan järkevällä tavalla, pitää nämä tavoitteet/toiveet ensin selvittää ja ymmärtää.

Intentioanalyysi pyrkii vastaamaan ongelmaan, jossa yhdistetään kattavin mahdollinen toiveiden osajoukko (konteksti, se mitä käyttäjä pohjimmiltaan tarkoittaa) kattavimpaan vasteiden osajoukkoon (verkon tarjoamat palvelut). Tämä voidaan ajatella esim. kahden joukon välisenä geometrisenä etäisyytenä. Koska suoria vastaavuuksia löytyy harvoin (esim. käyttäjä haluaa apua yritysverotuksesta, mutta järjestelmässä on vain geneerinen verotuksessa auttava palvelu), pitää analyysin kyetä generalisoimaan abstraktiotasoa asteittain korkeammalle kunnes löytyy riittävän hyvä vastaavuus.

Perinteisesti tällainen toiveen ja vasteen yhdistäminen tapahtuu käyttäjän itsensä toimesta, kun hän päättää hakea jotain tiettyä palvelua ja yhdistää itsensä palvelun tarjoajaan. Tämänlainen prosessi ei toimi keskustelupohjaisessa liittymässä, jonka kyky esittää monimutkaisia tietorakenteita on hyvin rajallinen, toisin kuin esimerkiksi selainpohjaisessa hakumoottorissa. Lisähaasteensa ongelmaan tuo se, että tällaisessa liittymässä käyttäjä yleensä ilmaisee tarpeensa luonnollisella kielellä, joskus epäsuorasti. Perinteisempi tapa ei myöskään vaadi palvelun tuottajia kuvaamaan omia palvelujaan kovinkaan laajasti, koska päättely niiden sopivuudesta tapahtuu käyttäjän oman tulkinnan mukaan.

Aurorassa teknologisen ratkaisun tulee ottaa kantaa ongelmaan molempien osapuolten näkökulmasta. Tarvitaan kyky koneellisesti käsitellä käyttäjien syöttämää tekstiä, sekä tarvitaan periaatteet, sekä teknologia, jolla palveluiden tuottajat pystyvät kuvailemaan omia palvelujaan asianmukaisella tavalla, jotta nämä kaksi voidaan yhdistää mahdollisimman tehokkaasti. Kuten muitakin palveluja, intentioanalyysipalveluja voi olla useita, eri toimittajilta ja eri tekniikoilla toteutettuna.



3.2.1.1 Avainsanojen yhdistäminen

Avainsanapohjainen haku keskitystä rekisteristä, jonne palvelut on lisätty, on yksi vaihtoehto käyttäjän ja palvelun yhdistämiseksi. Käyttäjän syöttämästä luonnollisesta kielestä pyritään tunnistamaan kaikista keskeisimmät käsitteet, joita verrataan palveluiden kehittäjien ilmoittamiin omiin avainsanoihinsa, joihin heidän palvelunsa tulisi vastata. Luokittelua ja palvelun sopivuutta voidaan tehdä sen mukaan, että kuinka monta osumaa kukin palvelu sai omasta avainsanajoukostaan.

Lähestymisessä on selkeitä hyviä puolia, joista yksi on sen yksinkertaisuus siinä määrin, että se on helppoa palveluiden tuottajille, sekä se nojautuu olemassa olevaan teknologiaan luonnollisen kielen parsimiseksi. Siinä on myös sisäänrakennettuna mekanismi, joka palkitsee palvelun kehittäjiä tarkemmasta palveluiden kuvaamisesta, jonka myötä palvelu voidaan kohdistaa paremmin oikealla käyttäjälle.

Haasteena tässä lähestymisessä on, että se on altis väärinkäytöksille, mikäli avainsanojen laatua ei valvota. Palveluiden kehittäjät voivat listata enemmän sanoja saadakseen enemmän näkyvyyttä palveluilleen, jolloin käyttäjän näkökulmasta relevanttien palvelujen tarjoamisen mahdollisuus pienenee. Tämän lisäksi käyttäjän syötteen pilkkominen osiin hävittää siitä kontekstia tai aiheuttaa turhia päällekkäisyyksiä täysin toisistaan irrallisten kokonaisuuksien välillä. Esimerkiksi jos rekisterissä on palveluja erilaisten tuotteiden tilaamiseksi, verbin "tilata" lisääminen avainsanojen joukkoon aiheuttaa tunnistamisessa päällekkäisyyksiä kaikkien mahdollisten tilaamispalvelujen välillä. Koska osuvien avainsanojen määrä ainoastaan korottaa mahdollisuuksia palvelulle tulla valituksi, niin joissain tapauksissa tästä aiheutuisi tilanne, jossa käyttäjälle voidaan ehdottaa täysin epärelevanttia tilauspalvelua, vaikka hän olisikin ilmaissut lauseessaan mitä haluaa tilata, ainoastaan koska useampi palvelu rekisteröi osuman verbin "tilata" kanssa. Jos se taas jätetään pois rekisteristä, niin silloin menetetään tärkeä toivetta kuvaava sana pois, joka heikentää taas tarjottavien palvelujen osumistarkkuutta, koska pelkän tuotteen ilmaiseminen ei ole yhtä tarkka ja voi aiheuttaa paljon suurempaa hajontaa.

3.2.2 Palvelurekisteri

Jotta on ylipäänsä mahdollista kuulua johonkin palveluketjuun (tai yleisemmin, palveluverkoston), tulee tämä "kuulumiseen" liittyvä tilatieto säilyttää jossakin. Palvelurekisteri/-hakemisto on palvelu itsessään ja sisältää tietokannan, jossa minimissään kolme kenttää:

palvelun nimi | asiasanat | palvelun osoite

Kysyttäessä asiasanoilla tai nimillä, palvelurekisteri palauttaa vastaavan palvelun internet-osoitteen (ml. tarpeelliset parametrit), joka toimii ns. entry-pointtina oikean palvelukokonaisuuden löytämiselle.

Palvelurekisterin älykkyyttä voidaan laajentaa hyödyntämällä avainsanojen semanttista mallintamista, jolloin sanojen etäisyyksiä toisistaan voidaan käyttää palvelujen hakemisessa. Näin palveluita voidaan hakea käsitehierarkiassa ylempää, jolloin katetaan laajempi määrä avainsanoja tai vaihtoehtoisesti voidaan tunnistaa palveluja, jotka ovat rekisteröineet itsensä avainsanan synonyymilla.



3.2.2.1 Hajautus

Palvelurekisteri on mahdollista optionaalisesti hajauttaa niin, että jokainen palvelu pitää kirjaa alapuolellaan välittömässä läheisyydessä olevasta verkostosta. Tämä monimutkaistaa yksittäisen palvelun rakennetta hieman, mutta tuo tiettyjä etuja kuten parempi skaalautuvuus.

3.2.3 Dynaaminen kilpailutus

Järjestelmään voi kuulua useita palveluja, jotka sisältävät samat asiasanat ja ovat toistensa kanssa saman kaltaisia. Näiden välillä täytyy pystyä valitsemaan sopivin perustein, mitä käyttäjälle tarjotaan.

Palvelumukauttaja-palvelun tehtävänä on hyödyntää palveluhistoriaa, siihen tallennettua tyytyväisyystietoa sekä Intentioanalyysiä. Käyttäjän toiminnan perusteella vahvistetaan aikaisemmin tunnistettuja ketjuja, ottaen huomioon käyttäjän antama palaute. Jatkuvaa palautteen virtaa sekä vaihtuvaa ketjujen tarjontaa hyödyntämällä järjestelmälle saadaan vahvistusoppimalla opetettua kunkin käyttäjän tai avainsanan perusteella parhaat tarjottavat palvelut ja niiden yhdistelmät.

Kilpailutuksessa tulee kuitenkin ottaa huomioon rajatapaukset, joissa palvelu voi sille riippumattomista syistä joutua epäsuotuisaan kilpailuasetelmaan. Tällainen voi olla muun muassa uusi palvelu, jolle palautetta ei ole vielä annettu. Rajatapaukset tulee selvittää huolellisesti, kun kilpailun huomioivaa järjestelmää aletaan implementoimaan.

3.2.4 Palvelujen välinen rajapinta

Aurora on luonteeltaan avoin ja teknologiariippumaton, miksi siis rajoittaa toimintaa tiukan API:n kautta. Heterogeeniset ja tulevaisuuden palvelut asettavat vaatimuksia, jotka eivät ole ilmeisiä/suoraviivaisia generalisoinnin kannalta

- Kuitenkin, ideana on auttaa palveluiden kehittäjiä ja kannustaa vapaaehtoiseen koheesioon. Rajapinta on vapaamuotoinen, mutta järjestelmä rohkaisee vakiomuotoisten mallien (template) käyttöön
- Yleisimmin käytössä oleville ratkaisuille (esim. chatbotit) on määritelty vakiomuotoiset rajapinnat, mutta niiden käyttö on optionaalista. Auroralle riittää, että palvelun tekijä pystyy liittymään mihin tahansa olemassa olevaan palveluun ja kommunikoidaan sen kanssa, jolloin se tätä kautta sisällytetään koko verkostoon. Mikäli valmista templatea ei haluta käyttää, ovat liitoksen solmivat palvelut vapaita toteuttamaan keskinäisen kommunikointinsa itse valitsemillaan tavoilla kunhan palvelut hoitavat täydellisen konversion ylätasosta alemmalle tasolle



3.2.4.1 Verkkoon liittyminen

Palveluiden tulee toteuttaa yhteinen rajapinta liittymisen mahdollistamiseksi. Palvelun liittyessä verkkoon, sen edellytetään raportoivan oman rajapintakuvauksensa. Kysely pitää olla mahdollista tehdä myös ajonaikaisesti. Palvelun pitää liittyä johonkin olemassa olevaan, yhteensopivaan ylätasoon (parent node) ja ylätaso voi hyväksyä tai hylätä pyynnön. Palvelun liittyessä, sen tiedot lisätään palveluhakemistoon. Auroraan liittymiseksi, kokonaisuudessaan, riittää, että liitytään yhteen tai useampaan sitä tukevaan isäntä-nodeen.

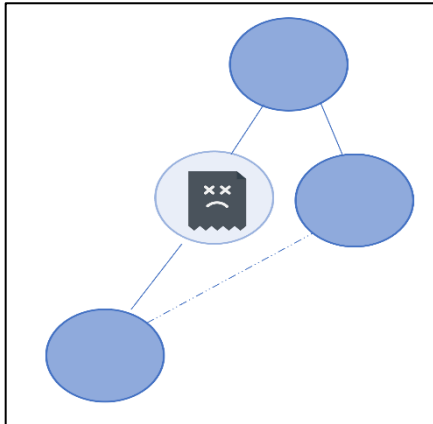
- Lisättäessä palvelu käyttäjän määrittämällä uudella rajapintakuvauksella, voi käyttäjä halutessaan julkaista rajapinnasta uuden templatien muiden sovelluskehittäjien käytettäväksi
- Sovelluskehittäjän näkökulmasta, palvelun lisäysvaiheessa, voi järjestelmä suodattaa näkyville vain yhteensopivat isäntäpalvelut joihin palvelu voi anoa liittymistä.

3.2.4.2 Rajapintasovittimet

- Rajapintojen väliset sovittimet (converter) ovat palveluita muiden joukossa. Esimerkki: toimittaja on liittänyt järjestelmään palvelun, joka tuottaa dataa, mutta johon ei ole mielekästä/houkuttelevaa liittyä rajapinnan mutkikkuuden takia. Kuka tahansa voi liittää tähän palveluun oman "adapteripalvelunsa" (optionaalisesti jatkojalostaen dataa); vrt. API-ekosysteemi. Rajapintasovitin ei ole "Aurora-rajapintasovitin" – sen tehtävänä on ainoastaan mahdollistaa kahden erilaisen palvelun välinen kommunikointi, mikäli niillä ei yhteistä rajapintaa valmiiksi ole.

3.2.4.3 Verkosta poistuminen

- Sekä isäntä- että siihen liittynyt alapuolinen palvelu ovat vapaita katkaisemaan liitoksen niin halutessaan
- Isäntänoden lähtiessä pois palveluketjusta, jäävät sen alapuolella olevat nodet "tyhjän päälle"
- Järjestelmä pyrkii automaattisesti etsimään todennäköisen seuraavan liitäntäpisteen/-pisteitä ja antaa palvelunkehittäjälle mahdollisuuden hyväksyä ehdotus tai etsiä manuaalisesti uusi liitäntäpiste. Tämä liitäntäpisteen suosittelu toteutetaan erillisen palvelun avulla
- Palveluketjussa ylempi taho hallinnoi ketjussa alempana olevia; isäntänoden vaihtuessa ketjussa, alempana olevien palveluiden kehittäjille lähtee (optionaalisesti) ilmoitus mutta järjestelmä ei edellytä jatkotoimenpiteitä (mikäli palvelun tekijä ei ole erityisesti kieltänyt, että ketjua hallinnoiva taho ei isäntänodea saa vaihtaa). Mikäli palveluketjun ylemmän tason hallinnointi ei miellytä, palvelun kehittäjä voi liittyä valitsemaansa toiseen ylätasoon tai jopa tuottaa itse oman ylätason palvelunsa johon liittyä

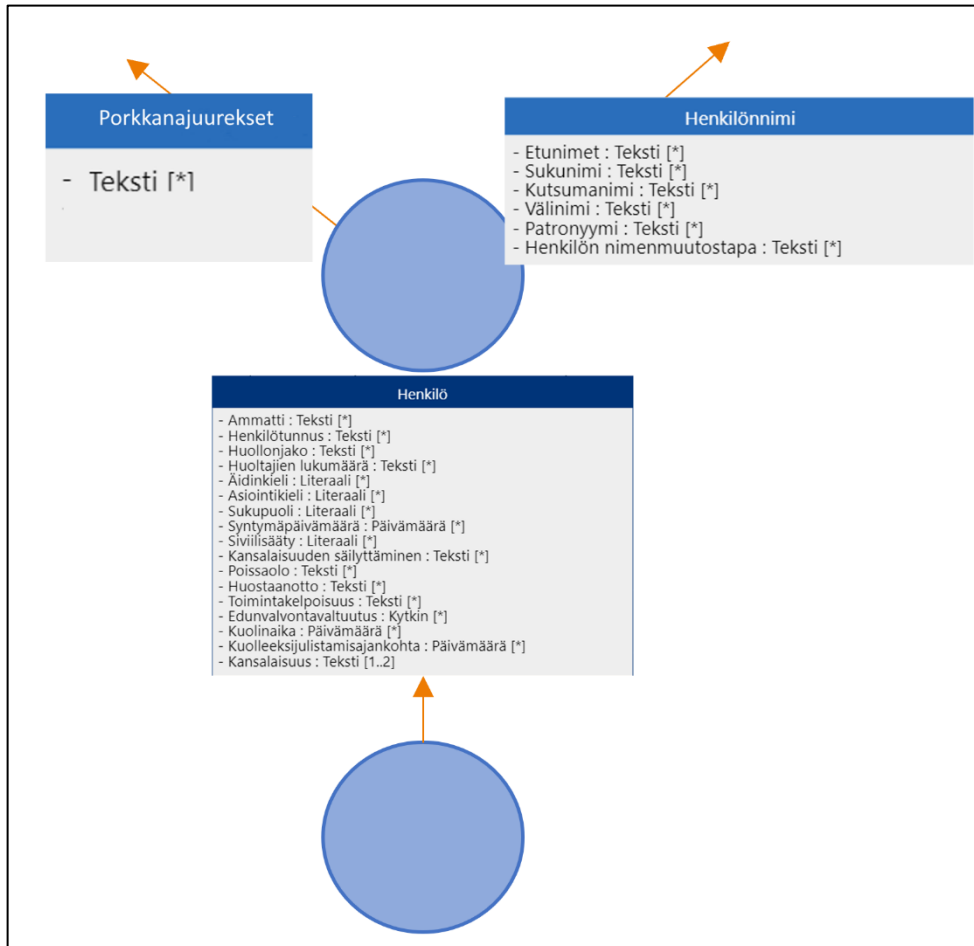


Kuva 1: Palvelun häviäminen verkostosta

3.2.4.4 Tietomallit

- Palvelun liittyessä ylätasoon, pitää sillä olla yhteinen tietomalli (kommunikointiskeema) ylätasoon kanssa kommunikoinnin mahdollistamiseksi. Aurora verkkona ei pakota tietyn rajapinnan käyttöön, vaan isäntäpalvelut tekevät sen itseensä liittyjille valitsemillaan tavoilla
- Ylemmän tason palvelu voi määrittää vaativansa liittyjiä käyttämään skeemaansa osittain tai kokonaisuudessaan (esim. kyettävä siirtämään tietoa "henkilönimi: sukunimi" mutta ei "kutsumanimeä")
- Palvelu itse voi tarjota tiettyä informaatiota, sekä lisäksi myös omaa kommunikointiskeemaansa, joka voidaan haluttaessa lisätä osaksi globaalia, kasvavaa tietomallia muiden hyödynnettäväksi ja uudelleenkäytettäväksi
- Referenssitoteutus tietomallista on Y-menetelmän mukainen (kts. tietomallit.suomi.fi), mutta Aurora voi hyödyntää useita tietomallien tarjoajia ja toisaalta itse laajentaa näitä tietomalleja verkon kasvaessa. Palveluiden pitää käyttää samaa tietomallin tarjoajaa, jos ne liittyvät toisiinsa

Esimerkkinä Kuva 2: Palvelu on määrittänyt vaativansa alatason liittyjiä käyttämään kommunikointiskeemaa "Henkilö" kokonaisuudessaan (tiukka rajapintakontakti). Itse se tarjoaa informaatiota "Henkilönimi" sekä omaa skeemaansa "Porkkanajuurekset", joka voidaan haluttaessa lisätä myös osaksi globaalia tarjontaa.



Kuva 2: Palveluiden välinen rajapinta

3.2.4.5 Kokonaisverkon muodostuminen

Yksittäinen palvelu voi liittyä osaksi useampaa isäntää, kunhan se toteuttaa niiden kaikkien vaatimukset. Vaatimukset periytyvät ylempää, joten mikäli esim. ylin taso vaatii tiedonsiirron tapahtuvan tavalla X, näin tapahtuu koko tässä verkon segmentissä. Lopputuloksena muodostuu luonnollinen puumainen tietorakenne. Takaisinkytkennät ovat mahdollisia; alempi node voi toimia isäntänä myös jollekin ”ylemmälle” tasolle, mikäli ne ovat säännöiltään yhteensopivia. ”Aurora-verkon säännöt” on yhteinen nimittäjä kaikkien verkkoon liittyneiden palveluiden kesken ja kokonaissäännöt muotoutuvat organisesti alhaalta ylöspäin. Aurora itsessään ei ota kantaa, kuinka esim. tiedonsiirto palveluiden välillä tapahtuu; tämän määrittäminen on isäntänodejen tehtävä.

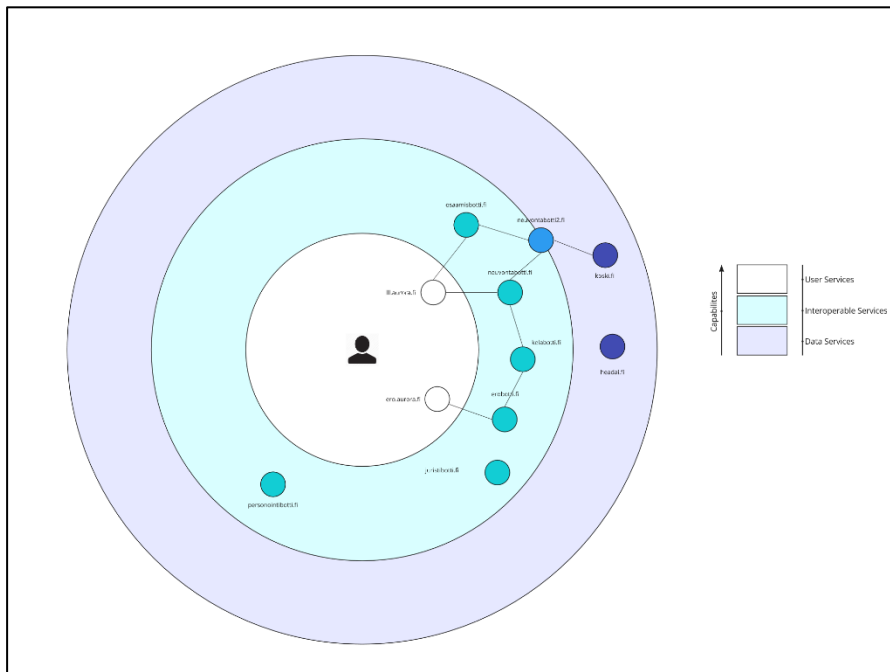


3.2.5 Palvelukehät

Palveluiden voidaan ajatella olevan jaoteltuna kyvykkyys- ja yhteensopivuusnäkökulmista. Kyvykkyydellä tässä tarkoitetaan kumuloitunutta toiminnallisuutta, jonka palvelu toimittaa käyttäjälle aggregoituna kokonaisuutena hyödyntäen alapuolellaan olevia palveluverkostoja. Kaikkia kehiä tarvitaan, eikä ryhmittely ota kantaa palveluiden tärkeysjärjestykseen vaan ennemminkin informaation jalostusasteeseen. Enemmän ulkokehällä olevat palvelut voivat olla tyypillisesti tietolähteitä sekä algoritmeja, ”lähempänä käyttäjää” ovat taas liittyvät mm. UX-toiminnallisuuteen. Tyypillisellä ulkokehän palvelulla on todennäköisesti enemmän hyödyntäjiä.

Palvelukehä toimii näkökulmana palveluiden väliseen rajapintaan, saman kehän palveluiden toteuttaessa yhteisen API:n. Kehien välissä olevat palvelut toimivat rajanpintamuuntimina (kts. Kuva 3).

Kaikki palvelut eivät ole käyttäjää lähellä, eikä niiden tarvitse tarjota esim. käyttöliittymää. Palvelukehäajattelu on ennemminkin havainnollistamista varten, eikä ota tiukkaa kantaa palveluiden luokittelun suhteen; mikä tahansa palvelu, esim. datalähde, voi olla missä tahansa kohtaa verkkoa mikäli se on kyseiseen kohtaan liittynyt ja siihen hyväksytty.



Kuva 3: Palvelukehät ("Constellation-näkymä")



3.3 Data

Auroran kaltaisessa verkostossa data muodostuu huomattavaksi haasteeksi monessa suhteessa. Sen suhteen tulee useita kriittisiä vaatimuksia, vasteajoista ja palveluiden tuottamisesta, yksityisyyden suojaan. Jotta visio proaktiivisesta, kansalaisen elämää helpottavasta palvelujen verkostosta voi toteutua, dataa täytyy pystyä liikkumaan siellä sujuvasti ja sen tulee olla helposti saatavilla, samalla kuitenkin kansalaisen yksityisyys täytyy ottaa huomioon. Pääsynhallinnan, tallentamisen ja liikuttamisen lisäksi merkittävä haaste on yhtenäinen mallintaminen siten, että kaikki verkostossa sijaitseva tieto ymmärretään samalla tavalla kaikkien osapuolten toimesta.

3.3.1 Tiedon mallinnus

Yhtenäisellä tiedon mallintamisella on useita käyttötarkoituksia: palveluiden yhteensopivuus, laajempien yksittäisten palveluiden tietomallien ylittävien konseptien mallintaminen, tiedon löydettävyys, sekä käytettävyys. Aurorassa mallintaminen voi olla yhdistelmä teknologiaa ja hallintoa, tai jopa ainoastaan hallintoa. Valinta teknologisen ja/tai hallinnollisen toteuttamisen välillä riippuu siitä, millaiseksi ylipäättänsä verkon hallintamalli halutaan luoda ja kuinka paljon luottamusta palvelun kehittäjiin annetaan.

Tiedon mallintaminen teknologisenä toteutuksena tarkoittaa sitä, että verkostoon toteutetaan teknologian avulla valvonta ja reunaehdot kaikille käsitteille ja toiminnoille siten, että palveluiden yhteensopivuus ikään kuin pakotetaan teknologisiin toteutuksiin. Teknologinen toteuttaminen myös takaa kaikkien rekisteröityjen palveluiden linkittymisen keskenään määritellyllä tavalla.

Hallinnollinen mallintaminen on vapaamuotoisempi, vapaaehtoisuuteen perustuva tapa, jonka avulla yhteensopivuus tapahtuu ainoastaan silloin, jos palveluiden kehittäjät itse tekevät omasta aloitteestaan yhteensopivuuden tietyllä tasolla. Auroran vastuu tässä tapauksessa on ainoastaan tarjota työkalut yhtenäiselle tiedonmallintamiselle konseptuaalisella tasolla. Tekninen yhteensopivuus jää palveluntuottajien vastuulle. Hallinnollinen malli on huomattavasti kevyempi toteuttaa, mutta sen rajoitteena on takuiden puuttuminen. Tätä voidaan kuitenkin hallita valvonnalla, mutta sekin on päätös, joka täytyy tehdä, kun verkoston vastuita ja hallintamallia luodaan.

3.3.2 Tiedonsiirto ja tallennus

Verkoston toimintaedellytys on sujuva tiedon liikkuminen talletus siten, että tieto on palveluille saatavilla. Haasteeksi verkostomaisessa arkkitehtuurissa kuitenkin muodostuu se, että tietoa voidaan joutua välittämään palvelulta toiselle, joten se tietoturva ja yksityisyys pitäisi pystyä käsittelemään asianmukaisella tavalla siten, että se ei näy sellaisille tahoille kenelle sitä ei ollut tarkoitettu. Tietoa pitäisi siis pystyä piilottamaan tai abstrahoimaan kun se liikkuu verkostossa palvelulta toiselle.



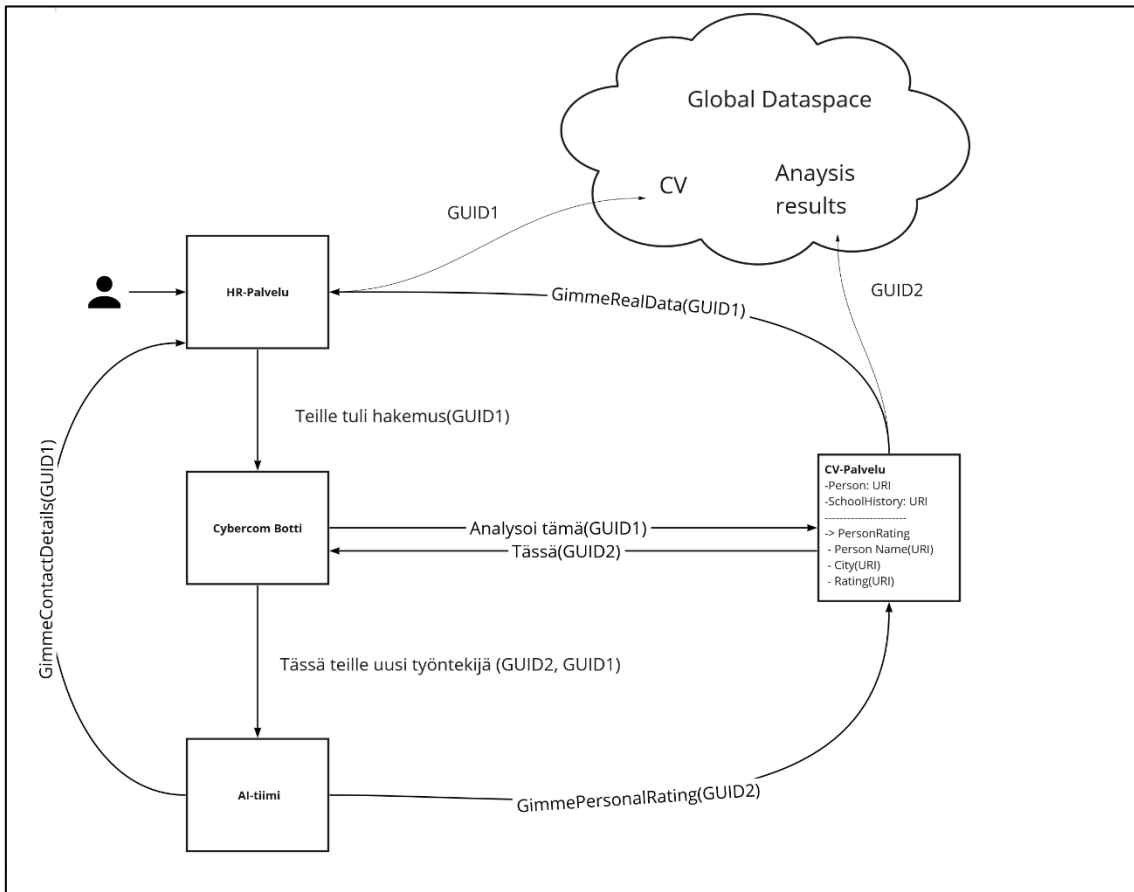
3.3.2.1 GUID

Esimerkki tiedon siirtämisestä GUID-pohjaisesti (Globally Unique Identifier) on esitetty kuvassa [4]. Henkilön tallentaessa ansioluettelonsa rekrytointijärjestelmään, se kulkee "HR-palvelu" - Aurora-palvelun kautta, joka tallentaa tiedoston. Tästä eteenpäin se on saatavilla tiedon osoittimen (pointer) kautta, joka viittaa alkuperäiseen tiedostoon ja jota voidaan liikuttaa verkon palveluiden välillä. Tieto voidaan jäljittää sen alkuperään katkeamattomana osoittimien hash-arvojen ketjuna, joka varmistaa sen autenttisuuden.

Eräs osittain vastaava, jo olemassa oleva järjestelmä on IPFS (Interplanetary File System). Sen suunnittelussa on otettu lähtökohta, että tieto on verkostossa pysyvää niin kauan kun löytyy yksikin sitä jakava taho; tästä seuraa Auroran kannalta yksityisyyden suojaan liittyviä ongelmia. Eräs mahdollisuus IPFS:ää käytettäessä olisi implementoida estolista, jota kaikkien verkkoon kuuluvien palvelujen odotetaan noudattavan. Käyttäjän pyytäessä poistamaan tieto/tiedosto, kaikki palvelut tyhjentävät sen omasta IPFS-välimuististaan, jolloin se häviää. Mikäli näin ei tapahdu, poistetaan tiedostoa edelleen jakavat palvelut (seeder) automaattisesti verkosta. IPFS on mahdollista rajoittaa ainoastaan Auroran palveluiden käyttöön, ilman globaalia IPFS-tietovarastoa. Käytettäessä IPFS:ää, vaaditaan erillinen tietojen luvitusjärjestelmä ja käyttäjäoikeuksien tukeminen.

Koska Aurora on suunnittelultaan avoin, ei sen toimintaa haluta rajoittaa yksittäisen teknologian kuten IPFS päälle suoraan. Samalla, kuitenkin, pyritään tukemaan olemassa olevia valmiita komponentteja ja tämä pätee myös tiedon tallennukseen. Onkin odotettavaa, että tarvittavia adapteripalveluita ilmestyy usealta toimittajalta, joilla on myös omat ratkaisunsa tiedon tallentamiseen sekä poistamiseen liittyvissä haasteissa.

Arkkitehtuuri ei tee jakoa tiedonsiirtoon ja -tallennukseen liittyvien, sekä muiden palvelujen välillä. Palveluketjun ylätasoa pitää huolehtia, että alatasot noudattavat sen vaatimia käytänteitä. Käytänteet periytyvät alaspäin ketjussa.



Kuva 4: GUID-pohjainen tiedonsiirto

3.3.2.2 DHT

Globaali datatietovaranto on mahdollista toteuttaa esim. käyttäen DHT (distributed hash table) -menetelmää, joka on tuttu vertaisverkoista ja perustuu tiedon hajautettuun jakamiseen verkon toimijoiden kanssa. Se toimii myös IPFS:n, Bittorrent-verkkojen ja Freenetin yhtenä komponenttina, mahdollistaen kommunikoinnin riippumatta kolmansista osapuolista ja toimien vastavoimana mm. sensurointia vastaan.

DHT on mahdollinen implementointitapa arkkitehtuurin hajautetun palveluhakemiston tarpeisiin. Se yhdistää sanakirjamaisesti tieto-avain -parit.



3.3.3 Tiedon koostaminen

Tiedon koostamiseen useammasta lähteestä on useita olemassa olevia teknologioita, jotka on alun perin kehitetty toimimaan eri konteksteissa. Kaikille näistä teknologioista yhteistä on, että niissä kuvataan tietoa yhdessä kerroksessa, ja toisessa ne haetaan eri tietolähteistä. Desentralisaatio on kasvava ajatus sovelluskehittämisessä, sen periaatteita sovelletaan jo tietyillä tasoilla, kuten skaalautuvuuden ratkaisemisessa, mutta korkeamman tason sovellutuksia on suhteutettuna vähemmän.

Auroran kontekstissa tiedon koostamisen ongelma nousee esimerkiksi siitä, että eri palvelut tuottavat dataa yhdestä ja samasta henkilöstä, mutta tieto sijaitsee irrallisena näiden palveluiden omissa rajapinnoissa. Auroran tulisi kuitenkin tarjota yksi tietomalli henkilöstä, jonka avulla kehittäjät voivat hakea ja mallintaa tietoa verkoston sisällä. Tulevaisuudessa tähän ongelmaan oli hyvä tarjota teknologinen ratkaisu sen sijaan, että turvaudutaan kehittäjien omiin kykyihin hakea ja yhdistellä tietoa.

Esimerkkejä teknologioista, jotka soveltavat tällaisia periaatteita on muun muassa GraphQL, sekä SPARQL, joka on yksi semanttisen webin keskeisistä protokollista tiedon hakemiseksi. GraphQL on Facebookin kehittämä kieli, jonka avulla REST-rajapinnoista voidaan yhdistellä tietoa yhdellä tasolla, sekä hakea sitä useasta eri lähteestä.

3.4 Verkon hallintamalli (Governance Model)

Aurora-verkko on tarkoitettu avoimeksi, mutta se ei tarkoita hallinnan ja toimijoiden vastuun puuttumista. Arkkitehtuurin näkökulmasta, hallinta annetaan ylemmän tason palveluille (isäntä, parent node) niiden suhteessa omille alemmille tasoilleen. Ylin päätäväältä kuuluu verkon juuripalvelun (root node) vastuulle, joita voi olla useita. Kuka tahansa voi tehdä uuden isäntä- tai jopa juuripalvelun niin halutessaan, toisaalta kuka tahansa on vapaa valitsemaan haluamansa isännän.

Hallintamallin tavoitteena on luoda pelisäännöt verkostolle, jonka perusteella toimintaa ohjataan siten, että verkosto palvelee parhaalla mahdollisella tavalla kansalaista. Se tulee myös määrittelemään vastuita ja rooleja, joita näiden ylläpitäminen tulee vaatimaan.

3.4.1 Periaatteet

Verkkohierarkiassa ylempänä olevalla palvelulla on ylhäältä periytyvä sananvalta alapuolellaan oleviin palveluihin seuraavilla mekanismeilla:

3.4.1.1 Liittymisen salliminen/evääminen

Yläpuolella oleva palvelu (isäntä) voi valita alapuolellaan olevat palvelut. Toisaalta palvelu voi valita, mihin yläpuoliseen tasoon haluaa itse anoa liittymistä.



3.4.1.2 Oikeus asettaa säännöt

Isäntä asettaa säännöt, joita odottaa allaan olevien palveluiden noudattavan. Nämä voivat liittyä palveluiden laatuvaatimuksiin, tietoturvaan, auditointiin, sopimusteknisiin asioihin, eettiseen koodistoon ja mihin tahansa isännän määrittämiin vaatimuksiin. Säännöt periytyvät palveluketjussa alemmille tasoille koko ketjun pituudelta, jokaisen palvelun ollessa mahdollista liittää mukaan omia edellytyksiään itseensä liittymiselle.

3.4.1.3 Yhteyden irtisanominen

Sekä isännällä että alapalvelulla on oikeus poistaa liittymäkohta koska tahansa, niin valitessaan. Alapalvelun pitää liittyä verkossa uuteen isäntään mahdollistaakseen toiminnan jatkumisen sekä itselleen että alapuolellaan oleville palveluille.

3.4.1.4 Oikeus valita teknologiset ratkaisut

Isäntä voi halutessaan edellyttää alapuolellaan olevien palvelujen käyttävän tiettyjä teknologisia ratkaisuja. Palvelujen tulee tukea yhteistä kommunikointirajapintaa.

3.4.1.5 Palveluketjujen määrittäminen ja löytyminen

Isäntä voi määrittää optimaalisten palveluketjujen muodostamisen itsensä alapuolelle tai alipalveluiden löytymisen omalla menetelmällään, niin halutessaan. Kuka tahansa voi tehdä minkä tahansa verkon core-palveluista. Auroran eri toimijat tarjoavat valmiita toteutuksia komponenteista, mutta mikään ei estä tekemästä omia (ja nämä saattavat tuoda kilpailuetua palveluketjulle kokonaisuudessaan, tai päinvastoin).

3.4.1.6 Oikeus asettaa ansaintamallit

Isäntä voi tarjota alapuolellaan oleville palveluille hyötyä/insentiiviä pysyä liittyneenä, voidakseen itse tarjota parempaa kokonaispalvelua loppukäyttäjälle hyödyntäen tätä "alihankintaverkostoa". Koska alapalvelut voivat vapaasti valita isännän, asettaa tämä sopivan korvauksen markkinaehtoisesti.

Aurora tarjoaa ansaintamallista referenssitoteutuksen, jota palvelut voivat halutessaan hyödyntää.

3.4.1.7 Valvonta

Isäntä on vastuussa välittömästi alapuolellaan olevien palveluiden toiminnasta. Mikäli asetettuja sääntöjä rikotaan on isännällä, oikeuden lisäksi, velvollisuus irtisanoa yhteys ja/tai toteuttaa sanktiot joihin palvelua tuottava organisaatio on sitoutunut liittymisvaiheessa. Aurora-verkko, operoidessaan Suomessa, noudattaa Suomen ja EU:n lakeja sekä säädöksiä.



3.4.2 Polettitalous

Hallintamallin tueksi voidaan konseptoida polettitaloutta. Kryptovaluutat ja lohkoketjuteknologiat soveltuvat hyvin kannustinjärjestelmän toteuttamiseen. Polettitalouden tarkoituksena on mahdollistaa hallintamallin sääntöjen valvonta ja palkita oikeanlaisesta käytöksestä tai rankaista vääränlaisesta. Tämän lisäksi mahdollistetaan verkoston sisäinen talous, jossa palveluista voidaan maksaa korvausta joustavammin.

Vielä pidemmälle vieden voidaan myös kuvitella järjestelmä, jossa voidaan kilpailuttaa arvon tuottamista kansalaisille ja palkita siitä asianmukaisella palkkiolla. Yksinkertaistettuna tällainen ajatus toimisi periaatteella, että halutaan esimerkiksi lisätä kansalaisten terveyttä. Verkostossa voidaan sitten tuottaa palveluja, joilla on joku suhde kansalaisen terveyttä mittaaviin parametreihin, ja kun tuotetun palvelun seurauksena havaitaan parametreissa muutos, siitä voidaan maksaa korvaus tuottajalle.

4. Digikaksonen

Verkostossa voi olla useita digikaksonen-palvelun tarjoajia, joilla on liiketoimintalähtöiset näkemykset mitä termillä tarkoitetaan ja mitä ongelmia sillä pyritään ratkaisemaan. Yleisesti vakiintuneen käytännön mukaan, termillä tarkoitetaan fyysisen maailman vastineen tuomista digitaaliseen maailmaan, virtuaaliseksi malliksi/simulaatioksi. Tämä arkkitehtuurikuvaus valottaa käsitettä seuraavilla osa-alueilla.

4.1 Simulaatio käyttäjästä

Käyttäjän tarpeita pyritään ennakoimaan ja palvelukokemusta parantamaan muodostamalla käyttäjästä koherentti kokonaiskuva digikaksoseen. Ainoa tapa ymmärtää käyttäjän tarpeita on muodostaa tilannekuva käyttäjästä, joka käytännössä tarkoittaa profilointia eli datan tarkastelua ja vertailua toisiin käyttäjiin, löytäen yhtäläisyyksiä, erilaisuuksia ja säännönmukaisuuksia. Kun vertailu tehdään suureen määrään muita yksilöitä, saadaan objektiivinen profiili käyttäjästä. Profilointi tulee suorittaa riittävän korkealla anonymiteetin tasolla, jotta vertailussa käyttäjä ei ole identifioitavissa luonnolliseen yksittäiseen henkilöön.

Aurora pyrkii välttämään henkilökohtaisen tiedon liikuttamista verkon sisällä aina kun se on mahdollista, mutta silti tarjoamaan personoidun käyttäjäkokemuksen, joka mahdollisimman tarkasti tukee yksilön tarpeita. Tehokas keino tähän on käsitellä käyttäjää ryhmän jäsenenä, jossa lukumäärällisesti on niin paljon yksilöitä, ettei käyttäjä ole identifioitavissa, mutta ryhmän tasolla käyttäjien tarpeet ovat riittävän yhdenmukaisia, jotta palveluita voidaan kohdentaa ryhmälle. Verkko voi sisältää palveluita, muiden palvelujen joukossa, jotka pyrkivät luomaan tällaisen anonyymin ryhmätunnuksen.



Profilointitietoa käyttämällä voidaan optimoida palvelupolku mahdollisimman lyhyeksi, eli käyttäjä löytää hyödyllisimmän palvelun mahdollisimman pienellä vaivalla. Pelkkä profilointitieto ei tule riittämään useimpien palvelujen käyttämiseen, joten digikaksosen tulee sisältää erilaisia anonymiteetin tasoja, joita voidaan avata sen mukaan, kuinka yksityiskohtaista tietoa palvelu tarvitsee palvelun tuottamista varten.

4.1.1 Profiloinnin toteutus ja anonymisointi

Käyttäjän profiloinnin toteutus riippuu käyttäjien henkilökohtaisen tiedon tallentamisen tietorakenteista. Yksi mahdollisuus on käyttää ominaisuusgraafitietorakennetta ja graafitietokantaa tiedon tallentamiseen, jolloin käyttäjän profiloinnin toteutus voi perustua algoritmiin, joka graafin rakennetta tutkimalla ja käyttäjiä vertailemalla laskee käyttäjäkohtaisen piirrevektorin, jota voidaan käyttää keinoälyalgoritmeissa palveluiden kohdentamiseen.

Anonymisointi tulee toteuttaa yleisten henkilötietoaineistojen anonymisointiperiaatteiden mukaisesti. Tarkempia tietoja anonymisoinnista on annettu mm. Liikenne- ja Viestintäministeriön julkaisussa Anonymisointipalvelut, Tarve ja toteutusvaihtoehdot, ISBN 978-952-243-503-3.

Oletuksena on, että jos tieto säilytetään salattuna (häviöttömästi pakattuna) on se myöhemmin tekniikan kehittyessä myös purettavissa alkuperäiseen muotoonsa pahantahtoisen tahon toimesta. Tiedon käsittelyyn anonymisti verkon sisällä ei siis riitä, että se on salattuna. Sen sijaan anonymisoidun profiilin tuottamisessa välivaiheena esim. homomorfinen salaus (homomorphic encryption) mahdollistaa tiedon käsittelyn sen salatusta muodostaan ilman salauksen purkamista missään vaiheessa ja tämä voisi olla tarkemman tutkimisen arvoista.

4.1.2 Digikaksosen anonymiteetin tasot

Digikaksosen tulee sisältää erilaisia anonymiteetin tasoja, joiden avulla käyttäjä voi sallia palvelujen pääsyn tietoihin vain sillä tasolla, joka on tarpeellista palvelun tuottamiseksi. Näitä tasoja voi olla esimerkiksi kolme, jossa eniten anonymisoitu taso tarjoaa vain suuntaa-antavaa tietoa. Kaikista yksityiskohtaisin taso ei ole lainkaan anonymisoitu.

Esimerkiksi kuvitteellisen Pihtiputaalla asuvan henkilön tietojen esittämisen eri tasot voivat olla:

Tieto	Taso 1	Taso 2	Taso 3
Työpaikan osoite	Pihtiputaan Kunnanvirasto, Keskustie 9, 44800 Pihtipudas	Pihtipudas	Keski-Suomen maakunta
Ikä/syntymäaika	05.06.1978 klo 9:10	40 vuotta	35 – 40 vuotta



Koulutus	Tietojenkäsittelytieteen maisteri, Oulun Yliopisto, v. 2002	Maisteri, Oulun Yliopisto	Ylempi korkeakoulututkinto
----------	---	---------------------------	----------------------------

4.2 Simulaatio reaalielämän palvelusta

Simulaatiot ovat olennaisia palveluiden ja säädösten vaikutusten arvioinnissa ennen niiden toteuttamista. Simulaation mahdollistamiseksi Aurora-verkoston palvelut profiloidaan samoilla periaatteella kuin käyttäjien digikaksoset. Tällöin käyttäjien digikaksosten profiloititietoja ja palveluiden profiloititietoja voidaan käyttää simuloimaan mm. palveluiden käyttäjäkannan kokoa, palvelutarpeita ja tuottamaan muita ennusteita päätöksenteon tueksi. Simulaatiomalleilla voidaan myös testata ja kehittää täysin uudenlaisia palveluita ja kokonaisuuksia.

4.3 Sekoitettut ympäristöt

Sekoitetut ympäristöt (blended environment, Online-Merge-Offline) voivat sisältää sekä digitaalisen että reaalielämän palveluita sekaisin, yhdistäen ne standardin rajapinnan kautta. Tällaisissa palveluissa asiakkaan rajapinta on digitaalinen, mutta palvelu on ihmisten tuottama. Kun tällaisia palveluita tuodaan Aurora-verkon saataville, voi verkko hyödyntää niitä kuten mitä tahansa ohjelmistokomponenttia. Palvelut integroidaan saumattomasti digitaalisten palveluiden kanssa ja ne pääsevät myös hyödyntämään verkon tuomia etuja. Tällä tavalla pyritään tuomaan verkko kaikkien palveluntuottajien saataville.

5. Oppiminen

AuroraAI tarkoittaa osaltaan älykkäiden palvelujen muodostamaa verkkoa. Sen älykkyyden voidaan ajatella sijaitsevan kahdessa tasossa: yksittäisten, teknologia- ja valmistajariippumattomien palveluiden sisällä sekä hajautettuna, näiden palvelujen muodostamassa verkossa. Puhuttaessa verkon oppimisesta, otetaan tässä kantaa jälkimmäiseen.

Minkä tahansa systeemin oppiessa, se käytännössä tallentaa todennäköisyyksiin pohjautuvaa relaatiotietoa; Auroran tapauksessa:

$$JOS\ tarve\ x\ käyttäjällä\ n\ NIIN\ palvelukokonaisuus\ y\ todennäköisyydellä\ p$$

Aurora verkostona ei kiinnosta, kuinka yksittäiset palvelut osallistuvat tarpeen täyttämiseen, vain kokonaislopputulos on kiinnostava.



Kuten muitakin palveluja, Aurora voi sisältää lukemattoman määrän oppivia algoritmeja, eri toimijoilla ja eri tekniikoilla toteutettuna, jotka optimaalisia palvelukokonaisuuksia (omalta kannaltaan) löytävät. Kuten muissakin palveluissa, mitä parempia kokonaisuuksia algoritmi suosittelee, sitä suosittumpi siitä tulee.

5.1 Vahvistusoppiminen

Lähiaikoina suurta huomiota saanut vahvistusoppiminen (reinforcement learning). Siinä koneoppivaa järjestelmää palkitaan "oikeanlaisen toiminnan" tekemisestä kokonaisuudessaan, esimerkiksi koko palveluketjun tasolla. Järjestelmää opetettaessa tarvitaan fitness-funktio, eli suure, joka kertoo, kuinka hyvin järjestelmä toimii. Eri käyttäjillä on hyvälle toiminnalle useita kriteerejä; joku saattaa arvostaa hintaa, joku nopeutta tai aivan muita asioita.

Tässä tapauksessa monimutkaiset palvelun kokonaisarvon mittarit voidaan abstrahoida yksittäisen suureen "subjektiivinen palvelukokemus" taakse puhuttaessa optimoinnista viiteryhmän sisällä. Järjestelmää opetettaessa tämä subjektiivisen palvelukokonaisuuden mittari auttaa löytämään keskimäärin hyväksi koetut palvelut ja muodostamaan niistä hyvin toimivia palvelukokonaisuuksia.

Käyttäjien digikaksosen profiloititietoa voidaan käyttää painottamaan eri osa-alueita palvelukokemuksen arvioinnissa, mikä johtaa mahdollisimman hyvin käyttäjän arvojen ja tarpeiden mukaisen palvelukokemuksen tuottamiseen.

6. Keinoälyjärjestelmien tekemien päätösten laatu, perusteltavuus ja jäljitettävyyys

Viranomaispalvelujen tukena toimivien keinoälyratkaisujen toiminnalle on olennaista, että niiden tekemät päätökset ovat laadukkaita, läpinäkyviä ja ne voidaan jäljittää, perustella ja tarvittaessa toistaa ihmisen toimesta. Pääperiaatteet tämän saavuttamiseksi ovat:

- **Asioinnissa käytettyjen tietojen tallentaminen.** Kun käyttäjä asioi Aurora-verkoston palvelun kanssa, tulee kaikki tiedonvaihto tallentaa, jotta se voidaan tarvittaessa analysoida ihmisen toimesta ja tarvittaessa päätökset voidaan toistaa/korjata.
- **Keinoälyn tekemien päätösten perusteltavuus.** Aurora-verkostossa tulee suosia keinoälyratkaisuja, jotka pystyvät perustelemaan tehdyn päätöksen tai suosituksen (ns. explainable AI). Tällöin palvelun läpinäkyvyys on hyvä ja käyttäjien on helpompi hyväksyä keinoälyn tekemät päätökset.
- **Keinoälyalgoritmien toistettavuus.** Keinoälyalgoritmien toteutus ja koulutus tulee dokumentoida yksiselitteisesti hyvien toistettavuuskriteerien mukaisesti, jolloin mahdollisissa virhetilanteissa virheiden syyt voidaan analysoida ja ottaa huomioon jatkokehityksessä.



- **Keinoälyn koulutukseen käytetyn aineiston tasa-arvoisuus.** Kun keinoälyalgoritmin koulutus tehdään ihmisten tuottaman aineiston perusteella, on käytettävä tilastollisia menetelmiä varmistamaan, että koulutukseen käytettävä aineisto on neutraalia ja tasa-arvoista, eli siitä poistetaan mahdolliset tilastolliset tai kognitiiviset vinoutumat.
- **Keinoälyn suorituskyvyn seuranta.** Keinoälyyn pohjautuvien palvelujen käytettävyyden kannalta on olennaista, että niiden laatu on mahdollisimman korkea, joten käytönaikaiseen laadun seurantaan on kiinnitettävä huomiota ja laadun eri osa-alueille on määriteltävä kriteerit, jotka järjestelmän on täytettävä jotta se voi olla osa Aurora-verkostoa.