

Asia: VN/7574/2024

Luonnos Suomen kvanttiteknologiastrategiaksi 2025-2035

Lausunnonantajan lausunto

Kommentit lukuun 3: Tilannekuva

Ks. muut kommentit.

Kommentit lukuun 4: Visio 2035 ja tavoitteet

Ks. muut kommentit

Kommentit lukuun 5: Ehdotetut toimenpiteet vuosien 2025-2030 tavoitteiden toteuttamiseksi

Ks. muut kommentit.

Muut kommentit strategialuonnokseen

Yleiset strategiaa koskevat kommentit

Tampereen yliopisto (TAU) kiittää mahdollisuudesta esittää näkemyksensä Suomen kvanttiteknologiastrategiasta. TAU suhtautuu varsin myönteisesti siihen, että tekeillä on kansallinen strategia koskien teknologioita, jotka tulevat olemaan keskeisessä roolissa tulevaisuuden kehityksessä. Strategialla on myös ilmeinen liittymä eurooppalaiseen kehitykseen ja Euroopan kvanttilippulaivaan (<https://qt.eu/>).

Strategiassa listataan kattavasti sovelluskohteet, joihin kvanttiteknologia voi vaikuttaa mullistavasti. Samalla tavalla strategia kuvaa yleisellä tasolla teknologioita ja osaamista, joihin kvanttiteknologian kehitys perustuu. Strategia kuvaa hyvin myös tarvetta kansalliselle yhteistyölle, jota voidaan edistää esimerkiksi laajentamalla InstituteQ:n (<https://instituteq.fi/>) toiminta koko maan kattavaksi.

Näistä myönteisistä huomioista huolimatta TAU katsoo, että strategia on valmisteltu osittain liian kapeasta näkökulmasta ja osa keskeisistä kvanttiteknologian taustalla vaikuttavista teknologioista ei saa riittävää huomiota.

Strategia painottaa hyvin vahvasti kvanttilaskentaa, ja erityisesti sen toteuttamista käyttäen suprajohdeteknologiaa, joka vaatii erittäin matalia lämpötiloja. On totta, että nykyisin tähän osa-alueeseen liittyvät tavoitteet saavat suurta huomiota, mutta tämä ei ole ainoa vaihtoehto kvanttilaskennan toteuttamiseksi.

Strategia ei myöskään tuo riittävästi esiin optisten menetelmien ja fotoniiikan merkitystä kvanttiteknologian taustalla vaikuttavana avainteknologiana. Toki fotonikka ja sen suomalainen osaamispohja on strategiassa mainittu, mutta pääosin vain yleisellä tasolla.

Seuraavassa tarkastelemme kvanttiteknologian keskeisimpiä sovelluskohteita ja niiden yhteyttä optiikkaan ja fotonikkaan yksityiskohtaisemmin.

Kvanttilaskenta

Kvanttilaskenta voi perustua neljään erilaiseen alustaan: suprajohteet, jäähdytetyt atomit, jäähdytetyt ionit tai täysin optinen teknologia.

Suprajohdeteknologia vaatii suprajohtavan rakenteen jäähdyttämistä hyvin matalaan lämpötilaan. Tämä on teknisesti toteutettavissa, ja Suomessa on siihen maailmanlaajuisesti johtavaa osaamista. Tällainen teknologia on kuitenkin hyvin herkkä erilaisille häiriöille, ja on vaikea arvioida, millä aikajänteellä teknologia saadaan toimimaan riittävän luotettavasti hyödyllistä käyttöä varten. Haasteen suuruutta kuvaa hyvin strategiassa kuvattu tavoite rakentaa Suomeen 1 000 loogisen kubitin kvanttietokone, jonka virheiden korjaus vaatii, että tietokoneessa on jopa 1 000 000 fyysistä kubittia.

Kvanttietokoneen toteutus käyttäen atomeita tai ioneja vaatii myös niiden jäähdyttämistä matalaan lämpötilaan. Tämä toteutetaan käyttäen optisia menetelmiä, ns. laserjäähdytystä. Tarvittaessa atomit ja/tai ionit voidaan saattaa paikalleen järjestäytyneeseen rakenteeseen, joka helpottaa niiden välisten vuorovaikutusten hallintaa. Nämä menetelmät ovat myös herkkiä häiriöille, mutta TAU:n näkemyksen mukaan ansaitsevat enemmän huomiota strategiassa.

Periaatteessa kvanttietokone voidaan toteuttaa myös käyttäen täysin optisia menetelmiä, jolloin kvantti-informaation kantajia ovat valohiukkaset, fotonit. Tämän alan tutkimus etenee lupaavasti ja sillä on monia potentiaalisia etuja. Esimerkiksi jäädytystä mataliin lämpötiloihin ei tarvita. Valohiukkaset eivät myöskään vuorovaikuta keskenään, eivätkä menetelmät sen vuoksi ole kovin herkkiä häiriöille.

Kvanttikommunikaatio

Kvanttiteknologialla on keskeinen rooli turvallisessa tiedonvälityksessä. Sen avulla voidaan esimerkiksi havaita, jos ulkopuolinen taho kuuntelee kommunikaatiokanavaa. Toisaalta kvanttiteknologian avulla voidaan jakaa salausavaimia turvallista tiedonvälitystä varten. Näihin sovelluksiin liittyviä laitteita on jo kaupallisesti saatavilla, mutta tutkimuksen odotetaan johtavan myös täysin uudenlaisiin ratkaisuihin.

Kvanttiteknologian rooli tiedonvälityksessä liittyy hyvin kiinteästi kuituoptiseen tiedonvälitykseen sekä optisiin tietoliikenneyhteyksiin satelliittien kautta. Koko alan kehityksen kannalta fotonikka on siksi avainteknologia. Suomessa on korkealaatuista kvanttikommunikaatioon liittyvää optiikan ja fotonikan tutkimusta, joka voi tulevaisuudessa johtaa myös sovelluksiin.

Kvanttianturit ja -mittaukset

Kvanttimekaaniset ilmiöt tekevät mahdolliseksi erilaisten suureiden mittaamisen tarkemmin kuin perinteiset menetelmät. Tällaiset menetelmät voivat perustua useisiin fysikaalisiin ilmiöihin, kuten magneettiset, optiset ja matalissa lämpötiloissa tapahtuvat ilmiöt. Suomessa tehdään maailman johtavaa tutkimusta esimerkiksi nanomittakaavan lämpötilan mittauksissa.

Optiikan ja fotonikan rooli kvanttiantureiden ja -mittausten kehityksessä on keskeinen. Esimerkiksi gravitaatioaaltojen mittausherkkyyttä käyttäen LIGO-interferometriä ollaan parantamassa kvanttioptisten ns. puristettujen tilojen avulla. Kvanttikuvantamisen menetelmillä mikroskooppien erotuskykyä voidaan parantaa verrattuna perinteisiin menetelmiin. Optisten kvanttikorrelaatioiden avulla voidaan parantaa myös kuvantavien järjestelmien muita ominaisuuksia.

Fotoniikka ja sen yhteys kvanttiteknologiaan Suomessa

Fotoniikan tutkimus Suomessa on erittäin korkeatasoista. Tästä osoituksena ovat useiden alan tutkijoiden saamat kansainväliset tunnustukset ja palkinnot. Tutkimuksen korkeasta tasosta ja vaikuttavuudesta osoituksena on myös Suomen Akatemian rahoittama lippulaiva PREIN (Photonics Research and Innovation, <https://prein.fi/>), jota koordinoi Tampereen yliopisto ja jossa mukana ovat myös Itä-Suomen yliopisto, Aalto-yliopisto ja VTT. Alan tutkimusta tukee myös FinnLight-tutkimusinfrastruktuuri (<https://finnlight.fi/>). Fotoniikan alalle suunnattiin myös merkittävä määrä (72) tohtorikoulutuspaikkoja kansallisen tohtorikoulutuspilotin puitteissa. Nämä paikat tulivat yliopistojen ja tutkimushankkeiden rahoittamien paikkojen lisäksi.

Suomen fotoniikan tutkimuksen yhteys yritysmaailmaan on poikkeuksellisen tiivis ja organisoitu Photonics Finland -yhdistyksen (<https://www.photonics.fi/>) kautta. Yhdistyksessä on sekä henkilö- että yritysjäseniä. Suomalainen fotoniikan alan teollisuus on kasvanut useita vuosia verrokkiryhmiään nopeammin.

Kvanttialalla toimii oma lippulaivansa (<https://instituteq.fi/fqf/>), jolla on läheinen yhteys InstituteQ-verkostoon. Fotoniikan tutkijat eivät ole mukana kvanttialan lippulaivassa, koska PREIN-lippulaivassa on oma kvantti-ilmiöihin suunnattu osuutensa. Näiden kahden lippulaivan yhteistyötä on tiivistettävä, jolloin voimme odottaa fotoniikan roolin kansallisessa kvanttiteknologian kehityksessä kasvavan.

Yhteenveto

Tampereen yliopisto suhtautuu myönteisesti valmisteilla olevaan kvanttiteknologiastrategiaan. Samalla yliopisto toivoo, että strategiassa käsiteltäisiin kvanttiteknologian tunnistettuja sovelluskohteita tasapuolisemmin. Nykyisen strategialuonnoksen paino on kvanttilaskennassa ja sen yhdessä toteutustavassa, mutta myös muut tavat olisi syytä ottaa huomioon. Lisäksi kvanttikommunikaatio sekä kvanttianturit ja -mittaukset olisi käsiteltävä kattavammin. Samalla olisi nostettava esiin entistä selvemmin fotoniikan rooli yhtenä keskeisenä taustateknologiana sovellusten kannalta. Kansallista yhteistyötä on lisättävä laajentamalla InstituteQ:n (<https://instituteq.fi/>) toiminta koko maan kattavaksi.

Pentti Jussi

Tampereen yliopisto / Tampereen korkeakoulusäätiö sr - Rehtori Keijo

Hämäläinen