



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Walteri Karlsberg

Matter-standardin vaikutus älykotien yhteentoimivuuteen

Yhden käyttöliittymän toteuttamisen mahdollisuudet ja rajoitteet

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen
akateeminen yksikkö
Kandidaatintutkielma
Automaatio ja tietotekniikka

Vaasa 2026

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Waltteri Karlsberg		
Tutkielman nimi:	Matter-standardin vaikutus älykotien yhteentoimivuuteen : Yhden käyttöliittymän toteuttamisen mahdollisuudet ja rajoitteet		
Tutkinto:	Tekniikan kandidaatintutkielma		
Oppiaine:	Automaatio ja tietotekniikka		
Työn ohjaaja:	Janne Koljonen		
Valmistumisvuosi:	2026	Sivumäärä:	52

TIIVISTELMÄ

Tässä kandidaatintutkielmassa tarkastellaan Matter-standardin vaikutusta älykotien yhteentoimivuuteen ja yhden käyttöliittymän toteuttamisen mahdollisuuksiin. Älykotijärjestelmien yleistymisen on lisännyt kodin automaatiota ja toiminnallisuutta, mutta samalla eri valmistajien ratkaisut ovat muodostaneet erillisiä ekosysteemejä, jotka eivät toimi saumattomasti yhdessä. Tämä hajanaisuus ilmenee erityisesti useiden rinnakkaisten käyttöliittymien tarpeena sekä laitteiden rajallisena yhteensopivuutena. Tutkielmassa tarkastellaan, miten Matter-standardi pyrkii vastaamaan näihin haasteisiin.

Tutkielman tavoitteena on selvittää, miten Matter parantaa älykotien yhteentoimivuutta sekä millä tavoin se mahdollistaa yhden käyttöliittymän toteuttamisen. Lisäksi tarkastellaan, miten Matter-standardin arkkitehtuuri vertautuu perinteisiin älykotien arkkitehtuurimalleihin, kuten keskitettyihin, pilvipohjaisiin ja paikallisiin ratkaisuihin. Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, jossa hyödynnetään alan tutkimuskirjallisuutta sekä teknistä dokumentaatiota.

Tutkielmassa tarkastellaan erityisesti älykotien yhteentoimivuutta eri tasoilla, kuten laitteiden, viestintäprotokollien ja sovelluskerroksen näkökulmasta. Lisäksi analysoidaan Matter-standardin keskeisiä ominaisuuksia, kuten IP-pohjaista viestintää, laitemalleja sekä multi-admin-toiminnallisuutta, ja arvioidaan niiden vaikutusta järjestelmien yhteensopivuuteen ja hallittavuuteen. Näitä ominaisuuksia tarkastellaan suhteessa perinteisiin arkkitehtuurimalleihin, jotka perustuvat usein valmistajakohtaisiin ratkaisuihin.

Tutkielman perusteella Matter-standardi parantaa merkittävästi laitteiden välistä yhteentoimivuutta tarjoamalla yhtenäisen sovelluskerroksen ja IP-pohjaisen viestintämallin. Standardin multi-admin-ominaisuus mahdollistaa laitteiden käytön useissa eri ohjausjärjestelmissä samanaikaisesti, mikä vähentää valmistajariippuvuutta ja lisää järjestelmien joustavuutta. Näin ollen Matter tukee yhden käyttöliittymän toteuttamista aiempia älykotiratkaisuja paremmin.

Tästä huolimatta havaitaan, että Matter ei täysin ratkaise käyttöliittymien hajanaisuutta, sillä käyttöliittymät ovat edelleen alustakohtaisia ja niiden toteutustavat vaihtelevat eri järjestelmien välillä. Lisäksi standardin käyttöönottoon liittyy haasteita, kuten laitetuen keskeneräisyys ja järjestelmien tekninen monimutkaisuus. Tutkielman johtopäätöksenä voidaan todeta, että Matter edistää merkittävästi älykotien yhteentoimivuutta, mutta ei vielä mahdollista täysin yhtenäistä käyttöliittymää.

AVAINSANAT: älykodit, Matter-standardi, IoT, yhteentoimivuus, arkkitehtuurimallit, käyttöliittymä

Sisällys

1	Johdanto	7
1.1	Tutkielman tavoitteet ja tutkimuskysymykset	8
1.2	Tutkielman rakenne	9
2	Älykotien yhteentoimivuus ja arkkitehtuurimallit	10
2.1	Yhteentoimivuus	11
2.2	Perinteiset arkkitehtuurimallit	12
2.2.1	Pilvipohjainen malli	13
2.2.2	Keskitetty malli	15
2.2.3	Reunalaskentaan perustuva malli	17
2.2.4	Paikalliseen käsittelyyn perustuva malli	19
2.3	Yhteentoimivuuden haasteet	21
3	Matter-standardi	23
3.1	Matterin arkkitehtuuri	23
3.1.1	Toiminnalliset roolit Matter-järjestelmässä	25
3.1.2	Laitemallit ja sovelluskerroksen tietorakenteet	27
3.1.3	IP-pohjaisuus ja verkkokerros	29
3.1.4	Thread, Wi-Fi ja muut teknologiat	30
3.2	Yhteentoimivuuden toimintamalli	31
3.2.1	Interaktiivinen malli	32
3.2.2	Multi-admin ja Fabric	34
4	Matter-standardin vaikutus älykotien yhteentoimivuuteen	36
4.1	Matter ja perinteiset arkkitehtuurimallit	36
4.1.1	Keskitetty malli ja Matter	37
4.1.2	Pilvipohjainen malli ja Matter	37
4.1.3	Reunalaskentaan perustuva malli ja Matter	38
4.1.4	Paikalliseen käsittelyyn perustuva malli ja Matter	39
4.2	Matterin vaikutus yhden käyttöliittymän toteuttamiseen	41
4.3	Matter-standardin rajoitteet ja käyttöönoton haasteet	44

4.3.1	Teknologiset rajoitteet	44
4.3.2	Käyttöönoton rajoitukset	44
4.3.3	Ekosysteemikohtaiset erot	45
4.4	Matter eri älykotialustoilla	46
5	Johtopäätökset	48
	Lähteet	51

Kuvat

Kuva 1.	Pilvipohjainen malli (mukaillen Aliero ja muut, 2020).	14
Kuva 2.	Keskitetty malli (mukaillen Aliero ja muut, 2020).	16
Kuva 3.	Reunalaskentaan perustuva malli (mukaillen Aliero ja muut, 2020).....	18
Kuva 4.	Paikalliseen käsittelyyn perustuva malli (mukaillen Aliero ja muut, 2020; Cai ja muut 2019).....	20
Kuva 5.	Matterin multi-admin -malli (mukaillen Connectivity Standards Alliance, 2026).....	24
Kuva 6.	Matter järjestelmän roolit (mukaillen Connectivity Standards Alliance, 2026; Zegeye ja muut, 2023; Kim ja muut, 2024).	26
Kuva 7.	Matterin verkkopino (Connectivity Standards Alliance, 2026).....	29
Kuva 8.	Read Transaction -malli (mukaillen Connectivity Standards Alliance, 2026).	33
Kuva 9.	Tilauspohjainen -malli (mukaillen Connectivity Standards Alliance, 2026).	34

Taulukot

Taulukko 1.	Pilvi- ja paikallISRatkaisujen vertailu (mukaillen Kim ja muut, 2024).	40
Taulukko 2.	Älykotimallien käyttöönotto ja hallinta (Zegeye ja muut, 2025).	42
Taulukko 3.	Automaatituen vertailu eri älykotialustoilla (Zegeye ja muut, 2025)...	43

Lyhenteet

IoT	Internet of Things, Esineiden internet
CSA	Connectivity Standards Alliance
IP	Internet Protocol
API	Application Programming Interface
MEC	Multi-access Edge Computing
IPv6	Internet Protocol version 6
BLE	Bluetooth low energy
Z-Wave	Langton älykotiprotokolla
Zigbee	Langton älykotiprotokolla
OSI	Open Systems Interconnection -viitemalli
Wi-Fi	Wireless Fidelity (Lähiverkkoteknologia)
TPS	Transactions Per Second
QR	Quick Response (QR-koodi)

1 Johdanto

Älykotien IoT-laitteiden määrä on kasvanut viime vuosina merkittävästi, ja yhä useammat kotitaloudet hyödyntävät useiden eri valmistajien tarjoamia ratkaisuja kodin automatisointiin. Esineiden internet (engl. Internet of Things, IoT) tarkoittaa laitteiden kokonaisuutta, jotka on varustettu sensoreilla, ohjelmistoilla ja muilla teknologioilla tiedon keräämistä, välittämistä ja käsittelyä varten. Nämä laitteet voivat kommunikoida keskenään sekä pilvipalveluiden kautta, mikä mahdollistaa toimintojen automatisoinnin, reaaliaikaisen tiedon tuottamisen sekä käyttäjän päätöksenteon tukemisen (SAP, 2026).

IoT-laitteet kattavat laajan joukon kodin teknologioita, kuten valaistuksen, ovilukot, termostaatit, turvakamerat sekä anturit. Laitteet toimivat usein erillisissä valmistajakohtaisissa ekosysteemeissään, mikä rajoittaa eri järjestelmien yhteentoimivuutta (Atzori ja muut, 2010). Tämä johtuu siitä, että valmistajat hyödyntävät omia protokolliaan, datamallejaan ja pilvipalveluitaan. Valmistajien ratkaisut muodostavat suljettuja kokonaisuuksia ja rajoittaa laitteiden mahdollisuuksia toimia muiden järjestelmien kanssa. Näitä rajoitteita kutsutaan ekosysteemilukoiksi (engl. vendor lock-in) (Aliero ja muut, 2020). Samalla IoT-järjestelmien kehitys perustuu useiden teknologioiden, kuten langattomien verkkojen, pilvipalveluiden ja sulautettujen järjestelmien yhdistymiseen, mikä lisää järjestelmien monimutkaisuutta ja vaikeuttaa yhteentoimivuutta (Xia ja muut, 2012).

Näiden haasteiden vuoksi alalle on syntynyt tarve standardille, joka mahdollistaa eri valmistajien laitteiden yhteentoimivuuden ja olisi vähemmän riippuvainen eri järjestelmistä. Vuonna 2022 julkaistu Matter-standardi vastaa tähän tarjoamalla avoimen, IP-pohjaisen ja valmistajariippumattoman tavan yhdistää älykodin IoT-laitteita. Standardi pyrkii yhtenäistämään laitekommunikaatiota, helpottamaan käyttöönottoa ja mahdollistamaan sen, että sama laite toimii useissa ekosysteemeissä kuten Apple Homessa, Google Homessa ja Home Assistantissa yhtä aikaa.

1.1 Tutkielman tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkielman tavoitteena on tarkastella, miten Matter-standardi vastaa älykotien yhteentoimivuuden haasteisiin. Erityisesti analysoidaan, miten standardin tarjoama yhteensopivuus mahdollistaa laitteiden hallinnan useista alustoista sekä tukee yhden yhtenäisen käyttöliittymän toteuttamista kotiautomaatiossa.

Lisäksi tutkielmassa tarkastellaan Matter-standardin arkkitehtuuria ja verrataan sitä perinteisiin älykotijärjestelmien arkkitehtuurimalleihin, kuten pilvipohjaisiin, keskitettyihin sekä reunalaskentaan ja paikalliseen käsittelyyn perustuviin ratkaisuihin. Vertailun avulla arvioidaan, miten Matter vähentää näihin malleihin liittyviä rajoitteita ja millaisia teknisiä sekä käytännöllisiä haasteita sen käyttöönottoon mahdollisesti edelleen liittyy.

Lopuksi tarkastellaan Matterin keskeisiä etuja ja rajoitteita laitetuen, ekosysteemien välisen toimivuuden ja käyttöönoton näkökulmista sekä arvioidaan sen soveltuvuutta yhtenäisen käyttöliittymän ja yhteentoimivan älykotijärjestelmän perustaksi.

Tutkielman tutkimuskysymyksinä ovat:

1. Miten Matter-standardin arkkitehtuuri vähentää ekosysteemilukkoja kotiautomaatiossa?
2. Miten Matterin arkkitehtuuri ja toimintamalli vertautuvat perinteisiin arkkitehtuurimalleihin?
3. Mitä rajoitteita Matter-standardi yhä sisältää erityisesti laitetuen, ekosysteemien ja käyttöönoton näkökulmista?
4. Kuinka Matter toimii käytännössä eri älykotialustoilla, kuten Apple Homessa, Google Homessa ja Home Assistantissa?

1.2 Tutkielman rakenne

Tämä tutkielma etenee älykotien yhteentoimivuuden yleisestä tarkastelusta kohti Matter-standardin analyysia ja sen vaikutusten arviointia. Rakenne noudattaa loogista etenemistä taustasta teoreettiseen tarkasteluun, vertailuun ja johtopäätöksiin.

Luvussa 2 käsitellään älykotien yhteentoimivuuden keskeisiä haasteita sekä perinteisiä arkkitehtuurimalleja, kuten keskitettyjä, pilvipohjaisia sekä reunalaskentaan ja paikalliseen käsittelyyn perustuvia ratkaisuja. Samalla tarkastellaan niiden vahvuuksia ja rajoitteita erityisesti yhden käyttöliittymän näkökulmasta. Lisäksi määritellään tekniset ja käytettävyysslähtöiset haasteet, jotka liittyvät laitteiden ohjaukseen useista rinnakkaisista järjestelmistä.

Luvussa 3 tarkastellaan Matter-standardia, joka muodostaa tutkielman keskeisen teoreettisen lähtökohdan. Luvussa esitellään standardin tausta, arkkitehtuuri ja IP-pohjainen toimintamalli sekä sen tarjoamat mekanismit laitteiden yhteentoimivuuden parantamiseksi. Lisäksi käsitellään multi-admin-ominaisuutta ja muita keskeisiä ratkaisuja, joiden avulla laitteita voidaan hallita useista ekosysteemeistä samanaikaisesti. Tarkastelun tavoitteena on osoittaa, miten Matter vastaa luvussa 2 esitettyihin yhteentoimivuuden haasteisiin.

Luku 4 muodostaa tutkielman analyttisen ytimen. Siinä vertaillaan Matterin arkkitehtuuria aiempiin älykotiratkaisuihin ja arvioidaan sen vaikutusta yhden käyttöliittymän toteuttamiseen. Tarkastelussa huomioidaan sekä keskeiset tekniset ratkaisut että jäljelle jäävät rajoitteet, kuten laitteen hajanaisuus, alustaerot ja käyttöönoton haasteet. Lisäksi analysoidaan Matterin toimivuutta eri älykotialustoilla.

Luvussa 5 esitetään johtopäätökset, joissa kootaan keskeiset havainnot ja vastataan tutkimuskysymyksiin. Samalla arvioidaan, missä määrin Matter mahdollistaa yhden käyttöliittymän toteuttamisen sekä tunnistetaan aiheeseen liittyviä jatkotutkimustarpeita.

2 Älykotien yhteentoimivuus ja arkkitehtuurimallit

Laitteiden yhteentoimivuus on yksi keskeisimmistä älykotijärjestelmien haasteista, sillä eri valmistajien laitteet, protokollat ja ekosysteemit eivät lähtökohtaisesti toimi saumattomasti yhdessä. Atzorin ja muiden (2010) mukaan täysi yhteentoimivuus IoT-laitteiden välillä on edelleen ratkaisematon tekninen ongelma. Tämä johtuu erityisesti laitteiden, viestintäteknologioiden ja datamallien heterogeenisyydestä. Tämä hajanaisuus vaikuttaa suoraan käyttäjäkokemukseen sekä älykodin kokonaisuohjauksen muodostumiseen.

Älykotijärjestelmien tekninen rakenne perustuu IoT-laitteiden erilaisiin arkkitehtuurimalleihin, jotka määrittelevät, missä dataa käsitellään ja miten laitteet voivat viestiä keskenään. IoT-järjestelmiä voidaan tarkastella myös kerroksellisina arkkitehtuureina, joissa eri tasot vastaavat esimerkiksi laitteiden hallinnasta, tiedonsiirrosta, datan käsittelystä ja sovelluksista. Näiden kerrosten välinen vuorovaikutus on keskeisessä roolissa järjestelmän toiminnan ja yhteentoimivuuden kannalta (Rosa ja muut, 2020).

Alieron ja muiden (2020) mukaan IoT-järjestelmät rakentuvat tyypillisesti joko laitteiden välisen suoran kommunikaation, pilvipohjaisen mallin, paikallisen yhdyskäytävän tai taustajärjestelmien välisten datavirtojen kautta, ja jokainen näistä malleista tuottaa omat rajoitteensa yhteentoimivuudelle. Arkkitehtuurimallien väliset erot vaikuttavat siten olennaisesti siihen, missä määrin laitteet voivat toimia yhtenä kokonaisuutena sekä siihen, kuinka laajasti käyttäjä voi hallita älykodin IoT-laitteita yhden käyttöliittymän kautta.

Tämän luvun tavoitteena on tarkastella keskeisiä älykotien arkkitehtuurimalleja sekä arvioida niiden tarjoamia ratkaisuja ja rajoitteita yhteentoimivuuden näkökulmasta. Nämä havainnot muodostavat perustan tutkimuksen myöhemmälle analyysille siitä, miten Matter-standardi pyrkii vastaamaan arkkitehtuurimalleihin liittyviin haasteisiin.

2.1 Yhteentoimivuus

Älykotijärjestelmien yhteentoimivuudella tarkoitetaan eri valmistajien laitteiden, alustojen sekä viestintäprotokollien kykyä toimia keskenään ilman valmistajakohtaisia rajoitteita. Järjestelmän tulee pystyä vaihtamaan dataa, tulkitsemaan sitä yhdenmukaisesti ja reagoimaan toisten laitteiden toimintaan, jotta järjestelmä muodostaa yhtenäisen käyttäjäkokemuksen. Tämä edellyttää sekä teknistä yhteensopivuutta että yhteisiä datarakenteita.

Yhteentoimivuus rakentuu useille tasoille. Laitetasolla keskeistä on fyysinen ja radiotekninen yhteensopivuus. IoT-laitteet hyödyntävät erilaisia viestintäteknologioita, kuten Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Thread, Bluetooth Low Energy ja Z-Wave. Nämä teknologiat eroavat toisistaan esimerkiksi taajuusalueiden, reititysmekanismien ja energiankulutuksen osalta, eivätkä ne lähtökohtaisesti ole keskenään yhteensopivia ilman yhdyskäytävä- tai tulkkausratkaisuja (Aliero ja muut, 2020; Damra ja muut, 2024). Protokollatasolla haasteet liittyvät viestien erilaisiin formaatteihin ja toimintalogiikoihin, minkä vuoksi laitteet eivät kykene tulkitsemaan toistensa viestejä, vaikka yhteys olisi olemassa.

Yhteentoimivuuteen vaikuttaa myös verkon rakenne. Älykotijärjestelmissä käytettävät mesh-verkot mahdollistavat laitteiden välisen monihyppöisen viestinnän, mikä parantaa kattavuutta ja luotettavuutta, mutta lisää samalla järjestelmän monimutkaisuutta ja yhteensovittamisen haastavuutta (Damra ja muut, 2024).

Laajemmin tarkasteltuna IoT-järjestelmät ovat hajautettuja ja teknologisesti monimuotoisia. Xia ja muut (2012) kuvaavat niitä verkostoiksi, joissa suuri määrä laitteita kommunikoi keskenään useiden teknologioiden kautta. Tämä heterogeenisuus lisää järjestelmien monimutkaisuutta ja vaikeuttaa yhteentoimivuuden saavuttamista.

Sovelluserroksessa keskeinen ongelma liittyy datamalleihin. Valmistajat käyttävät usein laitekohtaisia ratkaisuja, jotka eivät ole yhteensopivia keskenään, mikä rajoittaa laitteiden välistä integraatiota ja datan hyödyntämistä. Käyttöliittymätasolla tämä näkyy

useina erillisinä sovelluksina, koska järjestelmät perustuvat suljettuihin ekosysteemeihin. Tällainen ekosysteemilukko estää laitteiden yhdistämisen yhtenäiseksi kokonaisuudeksi ja lisää järjestelmän hajanaisuutta (Aliero ja muut, 2020).

Yhteentoimivuuden puutteet heijastuvat suoraan käyttäjäkokemukseen, laitteiden käyttöönottoon ja järjestelmän laajennettavuuteen. Hajanaiset viestintämallit, datasiilot ja valmistajakohtaiset ratkaisut vaikeuttavat yhtenäisen älykotijärjestelmän toteuttamista. Näiden haasteiden ymmärtäminen on keskeistä arvioitaessa standardointiratkaisuja, kuten Matteria, joka pyrkii parantamaan eri järjestelmien välistä yhteensopivuutta.

2.2 Perinteiset arkkitehtuurimallit

Älykotien teknisiä ratkaisuja voidaan tarkastella arkkitehtuurimallien kautta, sillä ne määrittelevät, miten laitteet muodostavat toimivan kokonaisuuden ja miten ohjaus- ja tietovirrat kulkevat eri komponenttien välillä. Älykotien järjestelmät voidaan jäsentää useisiin arkkitehtuurimalleihin, kuten keskitettyyn malliin, pilvipohjaiseen malliin sekä reunalaskentaan ja käsittelyyn perustuviin ratkaisuihin (Aliero ja muut, 2020). Näiden mallien kehitykseen on vaikuttanut myös kotiverkkoteknologioiden hajanaisuus, sillä älykodeissa on hyödynnetty rinnakkain useita eri verkkoteknologioita, kuten Ethernetiä, Wi-Fiä ja powerline-ratkaisuja (Palm, 2012).

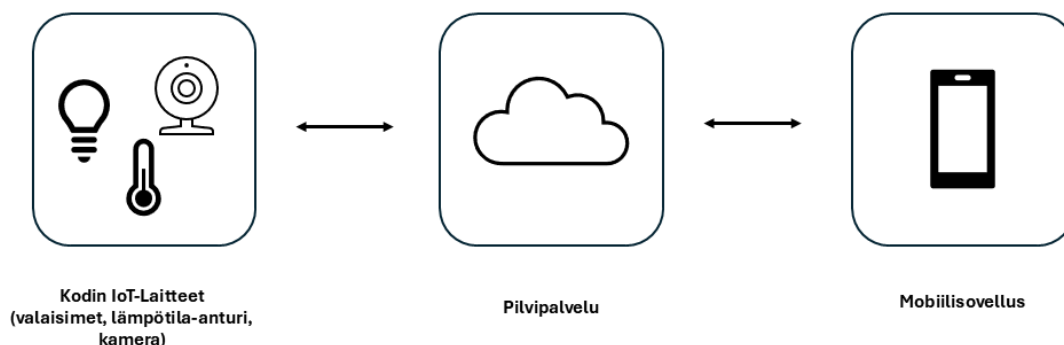
Arkkitehtuurimallit eroavat toisistaan erityisesti siinä, missä data käsitellään ja millä tavoin laitteet liitetään osaksi järjestelmää. Osa ratkaisuista perustuu keskitettyyn ohjaukseen ja yhdyskäytäviin, kun taas toiset hyödyntävät pilvipalveluita tai paikallista käsittelyä kotiverkossa. Näillä ratkaisuilla on merkittävä vaikutus järjestelmien yhteentoimivuuteen, sillä eri teknologiat ja kommunikointitavat eivät aina ole keskenään yhteensopivia (Aliero ja muut, 2020). Lisäksi nykyaikaisissa IoT-arkkitehtuureissa pilvipohjaisia ratkaisuja täydennetään hajautetuilla laskentamalleilla, kuten reunalaskennalla ja sumulaskennalla (fog computing), joissa osa datan käsittelystä

siirretään lähemmäs laitteita. Tämä mahdollistaa viiveen pienentämisen ja vähentää riippuvuutta keskitetystä pilvipalvelusta (Rosa ja muut, 2020).

Palm (2012) toteaa, ettei kotiverkoissa ole muodostunut yhtä hallitsevaa verkkoteknologiaa, vaan useita rinnakkaisia ratkaisuja käytetään edelleen samanaikaisesti. Tämä lisää tarvetta yhteensopiville arkkitehtuureille ja standardoiduille toimintamalleille. Arkkitehtuurin valinta vaikuttaa myös siihen, kuinka helposti uusia laitteita voidaan liittää osaksi älykotia sekä millaisia teknisiä rajoitteita järjestelmän yhteentoimivuudessa voi esiintyä. Lisäksi eri mallit vaikuttavat esimerkiksi järjestelmän toimintavarmuuteen, viiveisiin, tietoturvaan ja siihen, voidaanko älykotijärjestelmää hallita yhtenäisen käyttöliittymän kautta.

2.2.1 Pilvipohjainen malli

Pilvipohjaisessa arkkitehtuurimallissa älykodin laitteet viestivät suoraan valmistajan tai palveluntarjoajan pilvipalvelun kanssa, jossa laitteiden tuottama data käsitellään, tallennetaan ja välitetään edelleen käyttäjälle. Tässä mallissa keskeinen ohjaus- ja logiikkakerros sijaitsee pilvessä, ja käyttäjän vuorovaikutus järjestelmän kanssa tapahtuu tyypillisesti valmistajan tarjoaman mobiili- tai verkkosovelluksen kautta. Alieron ja muiden (2020) mukaan tällainen arkkitehtuuri on yleinen erityisesti kuluttajamarkkinoilla, sillä se mahdollistaa laitteiden helpon käyttöönoton ja keskitetyn hallinnan ilman paikallisen infrastruktuurin monimutkaista konfigurointia. Kuvassa 1 esitetään pilvipohjainen arkkitehtuurimalli, jossa älykodin IoT-laitteet viestivät pilvipalvelun kautta, joka toimii keskeisenä käsittely- ja ohjauskerroksena.



Kuva 1. Pilvipohjainen malli (mukaillen Aliero ja muut, 2020).

Kuva 1 havainnollistaa, että pilvipohjaisen mallin keskeinen logiikka ja tiedonkäsittely tapahtuu pilvipalvelussa, mikä erottaa mallin paikalliseen käsittelyyn perustuvista malleista. Mallin keskeisiä etuja ovat sen skaalautuvuus ja etähallittavuus. Pilvipalvelut mahdollistavat laitteiden ohjauksen ja valvonnan ajasta ja paikasta riippumatta sekä tarjoavat alustan kehittyneemmille toiminnoille, kuten automaatioille, analytiikalle ja datan visualisoinnille. Lisäksi arkkitehtuuri mahdollistaa integraatiot kolmannen osapuolen palveluihin, mikä voi laajentaa älykodin toiminnallisuuksia ilman, että laitteisiin tarvitsee tehdä muutoksia (Aliero ja muut, 2020).

Pilvipohjaisen mallin käytännön toteutusta havainnollistaa Yangin ja muiden (2018) esittämä IoT-pohjainen etämonitorointijärjestelmä, jossa laitteiden tuottama data välitetään yhdyskäytävän kautta pilvipalveluun käsiteltäväksi ja visualisoitavaksi selaimen tai mobiilisovelluksen avulla. Tässä arkkitehtuurissa pilvi toimii keskeisenä hallinta- ja analytiikkakerroksena, joka vastaa datan tallennuksesta, käsittelystä ja käyttöliittymien tarjoamisesta eri päätelaitteille.

Pilvipohjaiseen arkkitehtuuriin liittyy kuitenkin merkittäviä rajoitteita yhteentoimivuuden ja toimintavarmuuden näkökulmasta. Laitteet toimivat usein valmistajakohtaisissa pilvipalveluissa, mikä johtaa suljettuihin ekosysteemeihin ja rajoittaa laitteiden yhteiskäyttöä eri järjestelmien välillä. Mikäli pilvipalvelu ei tarjoa

rajapintaa tietylle integraatiolle, yhteentoimivuus ei toteudu. Lisäksi järjestelmä on riippuvainen jatkuvasta internet-yhteydestä, jolloin verkkohäiriöt tai palvelukatkokset voivat heikentää koko älykotijärjestelmän toimintaa. Valmistajalla on myös merkittävä valta määrittellä, mitä dataa ja komentoja voidaan jakaa muiden palveluiden kanssa, mikä voi edelleen vahvistaa ekosysteemilukkoja (Aliero ja muut, 2020).

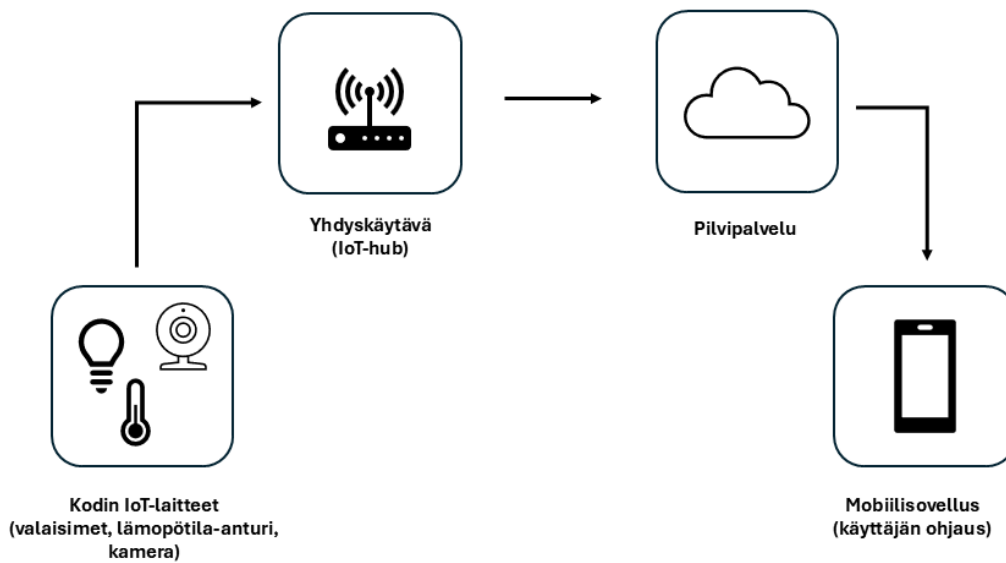
Käyttöliittymän näkökulmasta pilvipohjainen malli tarjoaa usein valmistajakohtaisen keskitetyn hallintasovelluksen, mutta useiden eri laitteiden tapauksessa käyttäjä joutuu hyödyntämään useita rinnakkaisia sovelluksia. Tämä vaikeuttaa älykodin kokonaisvaltaista hallintaa ja estää yhden yhtenäisen käyttöliittymän toteutumisen.

2.2.2 Keskitetty malli

Keskitetyssä eli hubi-pohjaisessa (hub-centric) mallissa älykodin laitteet kommunikoivat paikallisesti yhden keskittimen eli hubin kautta. Hubi toimii välittävänä komponenttina, joka yhdistää laitteet toisiinsa sekä hallintasovellukseen. Lisäksi se huolehtii viestien välityksestä eri laitteiden välillä. Tällainen rakenne on tyypillinen useille vähävirtaisille ja resurssirajoitteisille IoT-laitteille, jotka eivät ole yhteydessä internetiin suoraan. Alieron ja muiden (2020) mukaan laitteesta yhdyskäytävään -mallissa keskittimen rooli on toimia laitteiden välisenä välityspisteenä, joka huolehtii viestien reitityksestä ja mahdollistaa erilaisten protokollien yhteiskäytön.

Esimerkiksi Zigbee- ja Z-Wave ovat yleisesti käytettyjä langattomia viestintäprotokollia älykotiympäristöissä, joissa ne mahdollistavat laitteiden välisen paikallisen viestinnän. Näitä teknologioita hyödynnetään usein siten, että laitteet yhdistyvät keskitettyyn hubiin, joka toimii älykotijärjestelmän ohjaus- ja hallintapisteenä. Khalafin (2026) mukaan hubi toimii järjestelmän keskeisenä komponenttina, joka koordinoi laitteiden välistä viestintää, käsittelee sensoridataa ja mahdollistaa laitteiden keskitetyn hallinnan paikallisessa verkossa.

Lisäksi Aliero ja muut (2020) korostavat, että yhdyskäytävän rooli ei rajoitu pelkästään viestien välittämiseen, vaan se toimii myös protokollien ja datamallien muuntajana eri laitteiden ja sovelluskerroksen välillä. Tämä mahdollistaa erilaisten ja keskenään yhteensopimattomien laitteiden integroinnin samaan älykotijärjestelmään keskitetyn hallintapisteen kautta. Kuvassa 2 esitetään keskitetty malli, jossa älykodin IoT-laitteet viestivät keskitetyn hubin eli yhdyskäytävän kautta, joka toimii välittäjänä laitteiden ja pilvipalvelun välillä.



Kuva 2. Keskitetty malli (mukaiillen Aliero ja muut, 2020).

Keskitetyn mallin etuna on paikallinen toiminta, sillä laitteiden ohjaus ja niiden välinen viestintä eivät välttämättä edellytä yhteyttä ulkoiseen pilvipalveluun, mikä voi parantaa järjestelmän toimintavarmuutta ja vähentää viiveitä. Khalafin (2026) mukaan hubi toimii älykodin toiminnallisena keskuksena, jossa laitteiden ohjaus, valvonta ja välinen viestintä keskitetään paikalliseen verkkoon. Hubi kokoaa hajautetut sensorit ja toimilaitteet yhdeksi hallittavaksi kokonaisuudeksi ja mahdollistaa järjestelmän perustoiminnan myös ilman jatkuvaa pilvipalveluyhteyttä. Samalla tällainen arkkitehtuuri tekee hubista koko

järjestelmän kannalta kriittisen solmukohdan, sillä sen kuormitus tai vikaantuminen voi vaikuttaa laajasti älykotijärjestelmän toimintaan (Khalaf, 2026).

Mallin heikkoudet liittyvät kuitenkin nimenomaan yhteentoimivuuteen. Koska hubi on usein sidottu tiettyyn valmistajaan, muut ekosysteemit jäävät ulkopuolelle. Tämä aiheuttaa ekosysteemilukon (vendor lock-in), jolloin käyttäjän mahdollisuudet valita eri valmistajien laitteita kaventuvat. Tätä ilmiötä Aliero ja muut (2020) kuvaavat suljetuiksi järjestelmiksi, joissa datamallit ja rajapinnat eivät ole yhteisiä.

2.2.3 Reunalaskentaan perustuva malli

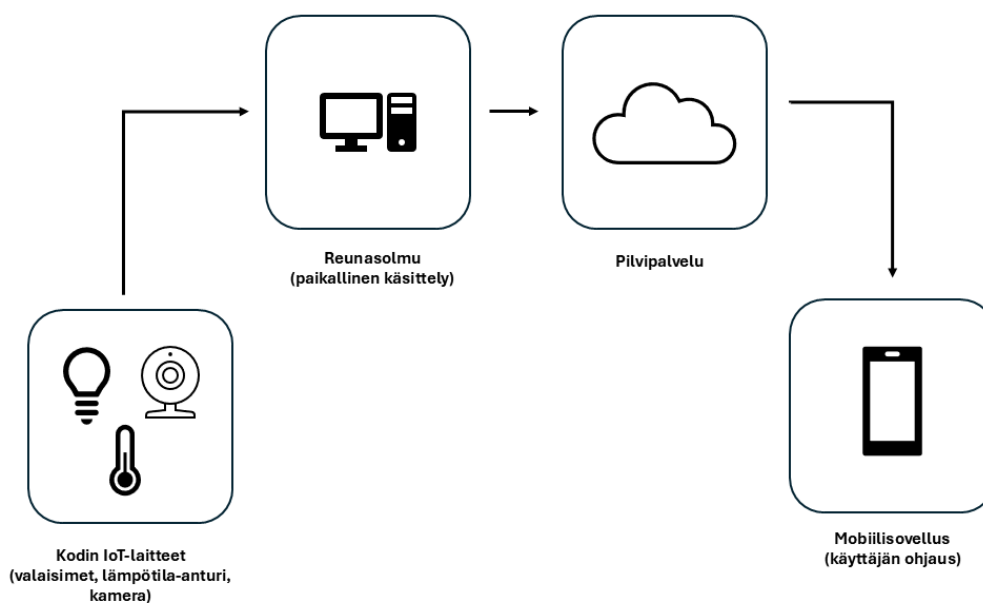
Reunalaskentaan (edge computing) perustuvissa arkkitehtuurimalleissa älykodin laitteiden tuottama data käsitellään ensisijaisesti verkon reunalla, lähellä itse laitteita, eikä keskitetysti pilvipalvelussa. Alieron ja muiden (2020) mukaan tällaisissa ratkaisuisa keskeinen ohjaus ja päätöksenteko voidaan toteuttaa paikallisessa yhdyskäytävässä tai reunasolmussa (edge node), mikä vähentää riippuvuutta ulkoisista taustajärjestelmistä ja parantaa järjestelmän reagoitokykyä.

Reunalaskenta on noussut erityisesti vastauksena pilvipohjaisten IoT-järjestelmien viive- ja suorituskykyongelmiin. Dayoubin (2025) mukaan keskitetty pilvikäsittely voi aiheuttaa merkittäviä viiveitä ja verkkokuormaa, mikä heikentää aikakriittisten IoT-sovellusten toimintaa. Multi-access Edge Computing (MEC) -arkkitehtuurissa laskentakapasiteetti sijoitetaan lähemmäs päätelaitteita, jolloin datan käsittely tapahtuu paikallisesti ja vasteajat voidaan laskea kymmenien millisekuntien tasolle.

Reunalaskentaan perustuvat mallit hyödyntävät usein laitteiden välistä suoraa viestintää (device-to-device communication), jolloin tiedonsiirto ja automaatiot eivät edellytä jatkuvaa internet-yhteyttä. Tämä parantaa järjestelmän toimintavarmuutta (reliability) ja mahdollistaa viiveettömämmän ohjauksen (latency) erityisesti aikakriittisissä älykotitoiminnoissa. Lisäksi paikallinen käsittely voi vähentää

pilvipalveluihin siirrettävän datan määrää, mikä tukee yksityisyyden ja tietosuojan (privacy and data protection) toteutumista (Aliero ja muut, 2020; Dayoub, 2025).

Toisaalta Aliero ja muut (2020) korostavat, että reunalaskentaan perustuissa ratkaisuissa yhteentoimivuus (interoperability) ei toteudu automaattisesti. Laitteet voivat käyttää erilaisia viestintäprotokollia (communication protocols) ja tietomalleja (data models), jotka eivät ole keskenään yhteensopivia ilman erillisiä sovitus- tai integraatiokerroksia. Dayoubin (2025) tarkastelemassa MEC-ympäristössä tämä näkyy tarpeena hyödyntää erillisiä alustoja ja orkestrointiratkaisuja, mikä voi lisätä järjestelmän monimutkaisuutta monivalmistajaympäristöissä, ellei käytössä ole avoimia rajapintoja tai yhteisiä standardeja. Kuvassa 3 esitetään reunalaskentaan perustuva arkkitehtuurimalli, jossa IoT-laitteiden tuottamaa tietoa käsitellään osittain paikallisessa reunasolmussa ennen mahdollista pilvipalveluun siirtämistä.



Kuva 3. Reunalaskentaan perustuva malli (mukaillen Aliero ja muut, 2020).

Kuvasta 3 nähdään, että tiedonkäsittely on hajautettu reunasolmulle ja pilvipalvelun välillä, mikä mahdollistaa nopeamman reagoinnin ja vähentää pilvipohjaisen käsittelyn tarvetta.

2.2.4 Paikalliseen käsittelyyn perustuva malli

Paikalliseen käsittelyyn (local processing) perustuissa arkkitehtuurimalleissa älykodin toiminta nojaa ensisijaisesti kotiverkossa tapahtuvaan käsittelyyn, jossa laitteet ja ohjausjärjestelmät kommunikoivat keskenään ilman pilvipalveluiden välitöntä roolia. Automaatio, päätöksenteko ja tilatiedon hallinta toteutetaan paikallisesti, mikä vähentää järjestelmän riippuvuutta verkkoyhteyksistä (Aliero ja muut, 2020).

Esimerkkejä paikalliseen käsittelyyn perustuvista ratkaisuista ovat esimerkiksi Home Assistant sekä Apple HomeKitin local first -periaate, joissa järjestelmän perustoiminnot voidaan toteuttaa ilman jatkuvaa internet-yhteyttä. Vastaavaa lähestymistapaa hyödynnetään myös järjestelmissä, joissa esimerkiksi Thread- tai Wi-Fi-verkossa toimivat laitteet viestivät suoraan kotiverkossa paikallisen ohjauslogiikan avulla. Tällaiset ratkaisut perustuvat siihen, että sensoridataa käsitellään paikallisesti ennen mahdollista pilvipalveluun siirtämistä, mikä on yleinen lähestymistapa älykoti- ja IoT-ympäristöissä (Cai ja muut, 2019).

Cai ja muut (2019) korostavat, että paikallinen käsittely on erityisen perusteltua sovelluksissa, joissa vaaditaan nopeaa reagointia tai käsitellään yksityisyydelle herkkiä tietoja. Älykotiympäristöissä suuri osa sensoridatasta voidaan käsitellä paikallisesti, jolloin vain tarvittava tieto välitetään eteenpäin.

Tämä vähentää verkkokuormaa ja parantaa järjestelmän toimintavarmuutta erityisesti epävakaissa verkkoyhteyksissä sekä mahdollistaa toiminnan myös häiriötilanteissa. Lisäksi paikallinen käsittely tukee yksityisyyttä ja tietosuojaa, koska käyttäjän data pysyy pääosin paikallisessa ympäristössä. Samalla järjestelmä kykenee toimimaan myös verkkohäiriötilanteissa. Rajoitteet liittyvät kuitenkin ylläpitoon ja yhteentoimivuuteen, sillä ilman yhteisiä rajapintoja paikalliset ratkaisut voivat muodostaa erillisiä ja vaikeasti

integroitavia kokonaisuuksia (Aliero ja muut, 2020; Cai ja muut, 2019). Kuvassa 4 esitetään paikalliseen käsittelyyn perustuva malli, jossa IoT-laitteet kommunikoivat paikallisen ohjausjärjestelmän kautta ilman pilvipalvelun roolia.



Kuva 4. Paikalliseen käsittelyyn perustuva malli (mukaiillen Aliero ja muut, 2020; Cai ja muut 2019).

Kuvasta 4 nähdään, että mallin toiminta perustuu paikalliseen ohjaukseen esimerkiksi hubin kautta. Tiedonkäsittely sekä laitteiden välinen viestintä tapahtuvat kotiverkon sisäisesti ilman pilvipalvelun keskeistä roolia.

Paikalliseen käsittelyyn perustuva malli ei kuitenkaan ole täysin erillinen suhteessa keskitettyyn malliin. Näiden mallien välinen keskeinen ero liittyy niiden tarkastelunäkökulmaan. Keskitetty malli keskittyy siihen, miten laitteet on kytketty toisiinsa hubin kautta, kun taas paikallinen käsittely kuvaa sitä, missä datan käsittely ja päätöksenteko toteutetaan. Käytännössä nämä lähestymistavat eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan voivat esiintyä samassa järjestelmässä. Esimerkiksi hubipohjaisessa ratkaisussa tiedonkäsittely voidaan toteuttaa paikallisesti, jolloin järjestelmä on samanaikaisesti sekä keskitetty että paikalliseen käsittelyyn perustuva. Tämän vuoksi paikallinen käsittely voidaan nähdä pikemminkin järjestelmän ominaisuutena kuin täysin erillisenä arkkitehtuurimallina.

2.3 Yhteentoimivuuden haasteet

Älykotien arkkitehtuurimallista riippumatta keskeinen haaste on laitteiden ja järjestelmien yhteentoimivuus. Eri valmistajien laitteet hyödyntävät usein toisistaan poikkeavia viestintäprotokollia, datamalleja ja hallintamekanismeja, mikä vaikeuttaa niiden yhdistämistä yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Alieron ja muiden (2020) mukaan yhteentoimivuuden puutteet johtuvat erityisesti IoT-järjestelmien heterogeenisyydestä, jossa laitteet, verkot ja sovelluskerroksen ratkaisut eivät perustu yhteisiin standardeihin. Lisäksi IoT-järjestelmiä voidaan tarkastella hajautettuna kokonaisuutena, jossa suuri määrä erilaisia laitteita kommunikoivat keskenään ja käyttäjän kanssa useiden teknologioiden yli (Xia ja muut, 2012). Tällainen hajautunut ja teknologisesti monimuotoinen rakenne lisää järjestelmien kompleksisuutta ja vaikeuttaa yhteensopivuuden saavuttamista.

Yhteentoimivuuden haasteet ilmenevät eri tavoin tarkastelluissa arkkitehtuurimalleissa. Keskitettyyn malliin liittyvät ongelmat korostuvat erityisesti valmistajakohtaisten hubien ja suljettujen rajapintojen kautta, jotka sitovat laitteet tiettyyn ekosysteemiin ja rajoittavat niiden yhteiskäyttöä muiden järjestelmien kanssa. Valmistajariippuvuus voi johtaa tilanteeseen, jossa käyttäjä on sidottu tiettyyn järjestelmään ja sen tarjoamiin palveluihin. Pilvipohjaisessa mallissa rajoitteet liittyvät usein valmistajakohtaisiin pilvipalveluihin ja rajattuihin integraatiomahdollisuuksiin. Alieron ja muiden (2020) mukaan valmistajakohtaiset viestintämallit ja datarakenteet voivat johtaa tilanteeseen, jossa laitteet toimivat vain osana tiettyä ympäristöä, mikä rajoittaa niiden yhteensopivuutta muiden järjestelmien kanssa.

Reunalaskentaan ja paikalliseen käsittelyyn perustuvissa malleissa haasteet liittyvät puolestaan yhteisten datamallien ja rajapintojen puutteeseen. Vaikka näissä malleissa voidaan saavuttaa parempi suorituskyky ja pienempi viive, eri valmistajien ratkaisut eivät välttämättä ole yhteensopivia keskenään, mikä edellyttää erillisiä integraatio- ja orkestrointiratkaisuja monivalmistajaympäristöissä (Aliero ja muut, 2020).

Yhteentoimivuuden puutteet heijastuvat suoraan käyttäjäkokemukseen ja älykodin hallittavuuteen. Käyttäjä joutuu usein hallitsemaan eri laitekokonaisuuksia useiden rinnakkaisten sovellusten ja käyttöliittymien kautta, mikä lisää järjestelmän monimutkaisuutta ja estää yhden yhtenäisen käyttöliittymän toteutumisen. Tämä hajanaisuus vaikeuttaa myös älykodin laajentamista ja uusien laitteiden käyttöönottoa, sillä jokainen uusi ekosysteemi tuo mukanaan omat rajapintansa ja hallintamallinsa. IoT-järjestelmissä tämä liittyy laajemmin siihen, että data ja palvelut jäävät usein valmistajakohtaisiin järjestelmiin, mikä muodostaa erillisiä datasiiloja ja rajoittaa järjestelmien välistä tiedonvaihtoa.

Näiden haasteiden ratkaiseminen edellyttää avoimia rajapintoja, yhteisiä viestintäprotokollia ja yhtenäisiä datamalleja, jotka mahdollistavat laitteiden ja järjestelmien yhteistoiminnan valmistajasta riippumatta. Tarve tällaisille ratkaisuille korostuu erityisesti IoT-ympäristöjen hajautuneen ja heterogeenisen luonteen vuoksi (Xia ja muut, 2012). Tähän tarpeeseen vastaavat standardointipyrkimykset, joiden tavoitteena on vähentää järjestelmien hajanaisuutta ja parantaa yhteentoimivuutta. Seuraavassa luvussa tarkastellaan Matter-standardia ja sen tarjoamia ratkaisuja edellä kuvattuihin yhteentoimivuuden haasteisiin

3 Matter-standardi

Luvussa 2 esitellyt älykotien yhteentoimivuuden haasteet, kuten ekosysteemilukot ja hajanaiset datamallit, ovat luoneet tarpeen yhtenäiselle ratkaisulle. Tähän tarpeeseen vastaa Matter-standardi, joka on Connectivity Standards Alliancen (CSA) kehittämä avoin ja IP (Internet Protocol) -pohjainen älykotistandardi. Matter julkaistiin vuonna 2022, ja sen tavoitteena on parantaa eri valmistajien laitteiden yhteentoimivuutta määrittelemällä yhtenäinen sovelluskerros olemassa olevien verkkoteknologioiden päälle (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Tässä luvussa tarkastellaan Matter-standardin arkkitehtuuria sekä sen toimintamallia ja analysoidaan, miten se vastaa älykotien yhteentoimivuuden haasteisiin.

3.1 Matterin arkkitehtuuri

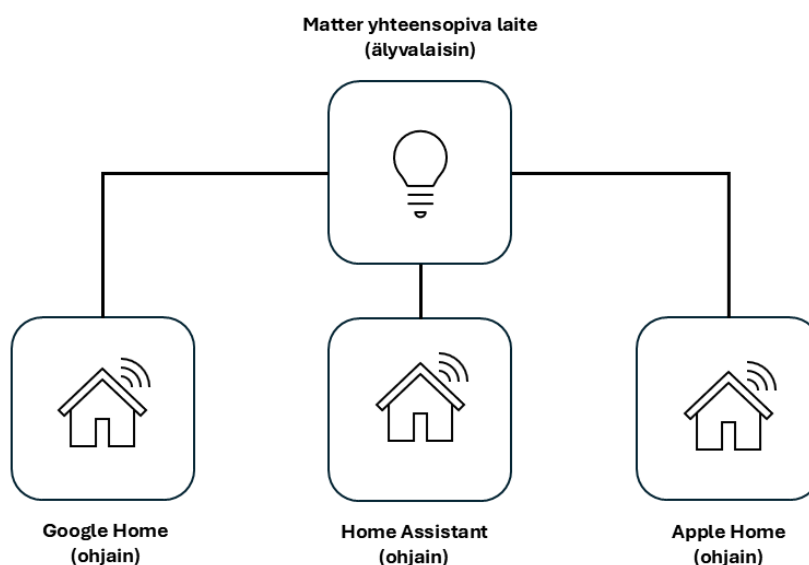
Matter-standardi määrittelee älykotijärjestelmille yhtenäisen sovelluskerroksen, jonka tavoitteena on mahdollistaa eri valmistajien laitteiden yhteentoimivuus ilman valmistajakohtaisia integraatioita. Matter ei ole uusi radioteknologia tai fyysisen tiedonsiirron ratkaisu. Se on sovelluskerros, joka toimii olemassa olevien verkkoteknologioiden, kuten Threadin, Wi-Fi:n ja Ethernetin, yläpuolella (Connectivity Standards Alliance, 2026; Zegeye ja muut, 2023).

Connectivity Standards Alliancen (2026) mukaan sovelluskerros määrittelee laitteiden ominaisuudet, viestintämallit ja toiminnalliset roolit. Kerros on standardoitu siten, että eri valmistajien laitteet voivat kommunikoida keskenään yhdenmukaisesti. Toisin kuin aiemmissa ratkaisuissa, joissa sovelluskerros on ollut valmistajakohtainen, Matter tarjoaa yhtenäisen ja avoimen toimintamallin koko älykotiekosysteemille.

Arkkitehtuurissaan Matter sijoittuu OSI-mallin (Open Systems Interconnection) ylimpiin kerroksiin ja hyödyntää IPv6-pohjaista viestintää (Internet Protocol version 6). Tämä tekee standardista riippumattoman käytetystä verkkoteknologiasta ja mahdollistaa sen

toiminnan eri fyysisten verkkojen päällä yhtenäisellä tavalla. Varsinainen ohjaus- ja operatiivinen viestintä tapahtuu IP-verkkojen yli, kun taas laitteiden käyttöönotossa hyödynnetään Bluetooth-yhteyttä (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Matter-arkkitehtuurin keskeisiä osapuolia ovat Matter-laitteet ja niitä ohjaavat Matter-ohjaimet (engl. controller). Laitteiden käyttöönotto ja hallinta tapahtuvat standardoitujen mekanismien kautta, ja sama laite voi olla liitettynä useaan ohjaimeen samanaikaisesti (ks. kuva 5).



Kuva 5. Matterin multi-admin -malli (mukaillen Connectivity Standards Alliance, 2026).

Kuvassa 5 havainnollistetaan Matterin multi-admin -mallia, jossa yksi laite on liitetty useaan ohjausjärjestelmään samanaikaisesti. Kukin ohjain voi kommunikoida laitteen kanssa itsenäisesti, mikä mahdollistaa laitteen rinnakkaisen käytön eri älykotialustojen välillä. Tämä parantaa järjestelmän joustavuutta ja vähentää valmistajariippuvuutta, sillä käyttäjä voi valita tai vaihtaa hallintajärjestelmää ilman laitteiden vaihtamista (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Keskeinen osa Matter-standardin arkkitehtuuria on myös laitemallit (engl. device types) ja niihin liittyvät tietorakenteet. Nämä määrittelevät laitteiden toiminnallisuudet yhtenäisellä tavalla, jolloin samantyyppiset laitteet, kuten valaisimet ja lukot, esittävät ominaisuutensa yhdenmukaisesti eri järjestelmissä. Tämän ansiosta eri valmistajien laitteita voidaan ohjata samalla toimintalogiikalla (Connectivity Standards Alliance, 2026), mikä konkretisoi Matterin tarjoamaa yhteentoimivuutta sovelluserroksessa.

Zegeyen ja muiden (2023) mukaan Matter-standardi vastaa älykotien keskeisiin yhteentoimivuusongelmiin, jotka ovat aiemmin johtuneet erillisistä protokollista ja sovelluksista. Yhtenäinen sovelluserros ja IP-pohjaisuus mahdollistavat laitteiden sujuvamman yhteiskäytön ja vähentävät tarvetta valmistajakohtaisille ekosysteemeille. Matterin arkkitehtuuri muodostuu siten useista toisiaan täydentävistä osatekijöistä.

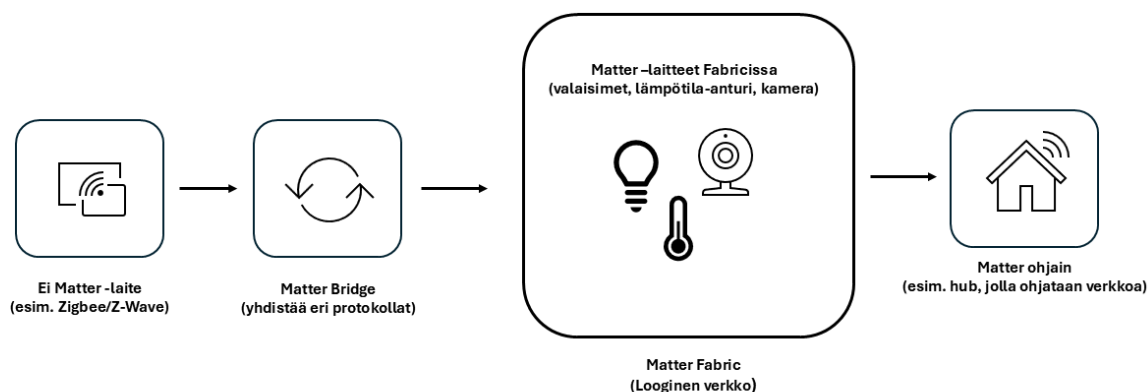
3.1.1 Toiminnalliset roolit Matter-järjestelmässä

Matter-järjestelmässä älykodin toiminta perustuu useisiin erillisiin mutta toisiaan täydentäviin toiminnallisiin rooleihin. Roolit määrittelevät, miten laitteet, ohjausjärjestelmät ja muut komponentit osallistuvat järjestelmän toimintaan. Matter-standardin lähtökohtana on, että roolit ovat loogisia kokonaisuuksia eivätkä välttämättä vastaa yksittäisiä fyysisiä laitteita. Tämä tarkoittaa, että sama laite voi toteuttaa useita rooleja samanaikaisesti, ja roolien yhdistelmät vaihtelevat käyttötapauksen ja ekosysteemin mukaan (Connectivity Standards Alliance, 2026). Käytännössä tämä näkyy erityisesti Matter-pohjaisissa hubiratkaisuissa, joissa yksi fyysinen laite voi toimia useassa roolissa samanaikaisesti (Kim ja muut, 2024).

Matter-laite (engl. Matter device) tarkoittaa fyysistä älykodin IoT-laitetta, joka tukee Matter-protokollaa ja voidaan liittää osaksi järjestelmää. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi sensorit, kytkimet, älykaihtimet, termostaatit, ovilukot sekä mediantoistolaitteet. Matter-laite ei itsessään määritä käyttöliittymää tai hallintaa, vaan

tarjoaa standardoidun tavan esittää tilatietonsa ja toimintonsa muille järjestelmän osapuolille (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Matter-laitteet liittyvät loogiseen kokonaisuuteen nimeltä Matter Fabric, joka muodostaa älykodin sisäisen, suojatun virtuaaliverkon. Fabric toimii viestinnän perustana laitteiden, ohjainten ja muiden komponenttien välillä, ja se voi ulottua useiden fyysisten verkkojen, kuten Wi-Fi:n, Threadin ja Ethernetin, yli. Yksi Matter-laite voi kuulua samanaikaisesti useampaan Fabriciin, joista jokaisella on oma hallintaympäristönsä. Tämä rakenne tukee Matter-standardin IP-pohjaista ja verkkoagnostista arkkitehtuuria (Connectivity Standards Alliance, 2026), jota havainnollistetaan kuvassa 6.



Kuva 6. Matter järjestelmän roolit (mukaillen Connectivity Standards Alliance, 2026; Zegeye ja muut, 2023; Kim ja muut, 2024).

Kuvassa 6 esitetään Matter-järjestelmän keskeiset toiminnalliset roolit ja niiden väliset suhteet. Matter Fabric muodostaa loogisen verkon, jossa Matter-laitteet kommunikoivat keskenään. Matter-ohjain vastaa laitteiden ohjauksesta, kun taas Matter Bridge mahdollistaa ei-Matter-laitteiden, kuten Zigbee- tai Z-Wave-laitteiden, liittämisen järjestelmään protokollamuunnoksen avulla. Näin eri roolit muodostavat yhtenäisen ja yhteentoimivan kokonaisuuden.

Aiemmassa tutkimuksessa on osoitettu, että IP-pohjainen ja verkkoagnostinen rakenne on keskeinen tekijä älykotijärjestelmien yhteentoimivuuden parantamisessa (Zegeye ja muut, 2023). Laitteiden ohjauksesta vastaa Matter-ohjain, joka voi olla esimerkiksi älypuhelin, älykotihubi, älykaiutin tai sovellus. Yhdessä Fabricissa voi toimia useita ohjaimia, mikä lisää järjestelmän joustavuutta ja toimintavarmuutta (Connectivity Standards Alliance, 2026). Käytännössä ohjain on usein toteutettu keskitettynä hubiratkaisuna, joka mahdollistaa nopeamman vasteajan verrattuna pilvipohjaisiin ratkaisuihin (Kim ja muut, 2024).

Matter-järjestelmä tukee myös Matter-sillan roolia, jonka avulla muiden älykoteknologioiden, kuten Zigbeeen tai Z-Waven, laitteet voidaan liittää osaksi Matter-ympäristöä. Silta toimii protokollien välisenä tulkkina ja esittää ei-Matter-laitteet järjestelmässä ikään kuin ne olisivat suoraan Matter-yhteensopivia (Connectivity Standards Alliance, 2026). Tällaiset ratkaisut vähentävät protokollakohtaista heterogeenisuutta ja suojaavat olemassa olevia laiteinvestointeja (Zegeye ja muut, 2023).

Toiminnallisten roolien erottaminen ja joustava yhdistely muodostavat keskeisen osan Matterin arkkitehtuuria. Ne mahdollistavat useiden ekosysteemien rinnakkaisen käytön ja vähentävät järjestelmän riippuvuutta yksittäisistä valmistajista. Tutkimusten mukaan tällainen roolipohjainen ja paikalliseen ohjaukseen perustuva arkkitehtuuri parantaa järjestelmän skaalautuvuutta, vasteaikoja ja tietoturvaa verrattuna perinteisiin pilvipohjaisiin ratkaisuihin (Zegeye ja muut, 2023; Kim ja muut, 2024).

3.1.2 Laitemallit ja sovelluskerroksen tietorakenteet

Pelkkä verkko- ja radiotekninen yhteensopivuus ei riitä takaamaan älykotijärjestelmien yhteentoimivuutta, sillä laitteiden tulee myös pystyä tulkitsemaan toistensa välittämiä tietoja yhdenmukaisesti. Kuten luvussa 2 todettiin, keskeinen ongelma liittyy siihen, että eri valmistajat hyödyntävät omia datamallejaan, jolloin laitteiden toiminnallisuudet ja

välittämä informaatio jäävät järjestelmäkohtaisiksi. Tämä lisää integraatiotarvetta ja järjestelmien monimutkaisuutta (Aliero ja muut, 2020).

Matter-standardissa tähän haasteeseen vastataan määrittelemällä yhtenäinen sovelluskerroksen esitystapa, joka perustuu laitemalleihin (engl. device types) ja niiden hyödyntämiin tietorakenteisiin. Standardin mukaan jokaisen Matter-laitteen on vastattava jotakin ennalta määriteltyä laiteluokkaa, jotta se voidaan sertifioida osaksi järjestelmää (Connectivity Standards Alliance, 2026). Tämän seurauksena laitteiden toiminnallisuudet esitetään valmiiksi määriteltyjen mallien kautta valmistajakohtaisten toteutusten sijaan.

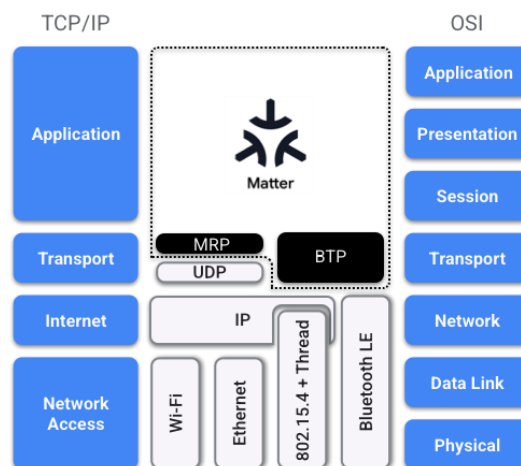
Matterissa laitemallit on jaettu useisiin pääluokkiin, kuten valaistuslaitteisiin, sensoreihin, kodinkoneisiin sekä lämmitykseen ja energianhallintaan liittyviin laitteisiin. Näihin kuuluvat esimerkiksi päälle- ja poisohjattavat valaisimet, himmennettävät valaisimet, lämpötila-anturit sekä termostaatit (Connectivity Standards Alliance, 2026). Näille laiteluokille on määritelty standardoidut ominaisuudet, tilat ja komennot, joiden avulla samantyyppiset laitteet esittävät toimintonsa yhdenmukaisesti valmistajasta riippumatta.

Sovelluskerroksen tietorakenteet määrittelevät, miten nämä ominaisuudet ja tilat esitetään ja välitetään järjestelmän sisällä. Näin laitteet voivat vaihtaa tietoa yhteisessä formaatissa, mikä mahdollistaa niiden keskinäisen toiminnan ilman valmistajakohtaisia sovituksia. Aiemmissa IoT-ratkaisuissa kommunikointi on usein perustunut laitekohtaisiin tietomalleihin, mikä on rajoittanut yhteentoimivuutta ja lisännyt integraatiotarvetta (Aliero ja muut, 2020).

Yhtenäisen sovelluskerroksen ansiosta eri valmistajien laitteita voidaan ohjata samalla toimintalogiikalla riippumatta käytetystä alustasta. Tämä vähentää integraatioiden tarvetta ja mahdollistaa useiden ohjausjärjestelmien rinnakkaisen käytön samassa ympäristössä. Yhtenäinen esitystapa muodostaa keskeisen edellytyksen yhden käyttöliittymän toteuttamiselle älykotijärjestelmissä, mikä on myös tämän tutkielman keskeinen tarkastelukohde.

3.1.3 IP-pohjaisuus ja verkkokerros

Matter-standardi on suunniteltu toimimaan IP-pohjaisen verkkopinon päällä, mikä on keskeinen ero aiempiin älykotijärjestelmiin verrattuna. Sen sijaan, että laitteet käyttäisivät valmistajakohtaisia tai suljettuja protokollia, Matter hyödyntää internetistä tuttuja verkkoteknologioita, kuten IPv6-pohjaista viestintää. Tämä mahdollistaa sen, että laitteet voivat kommunikoida keskenään yhtenäisen verkkomallin kautta riippumatta valmistajasta (Connectivity Standards Alliance, 2026). Kuvassa 7 havainnollistetaan Matter-arkkitehtuurin sijoittumista verkkopinossa, jossa standardi on esitetty OSI-mallin ylimmissä kerroksissa IP-pohjaisen verkkopinon päällä.



Kuva 7. Matterin verkkopino (Connectivity Standards Alliance, 2026).

IP-pohjaisuus tarkoittaa käytännössä sitä, että älykotilaitteet voidaan liittää osaksi olemassa olevaa verkkoinfrastruktuuria ilman erillisiä sovelluskohtaisia yhdyskäytäviä. Aiemmissa IoT-ratkaisuissa laitteiden yhteensopivuus on usein edellyttänyt erillisiä protokollamuuntimia tai gateway-ratkaisuja, jotka lisäävät järjestelmän monimutkaisuutta ja rajoittavat sen laajennettavuutta (Aliero ja muut, 2020). Matterin tapauksessa viestintä tapahtuu suoraan IP-verkkojen yli, mikä yksinkertaistaa järjestelmän rakennetta ja vähentää riippuvuutta valmistajakohtaisista ratkaisuista.

Kuvasta 7 nähdään, että Matter toimii sovelluskerroksessa hyödyntäen IP-protokollaa viestintään, samalla kun fyysisen ja verkkokerroksen toteutus voidaan tehdä eri teknologioilla, kuten Wi-Fi, Ethernet tai Thread (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Standardi sijoittuu arkkitehtuuriltaan verkkopinon ylemmille tasoille, joissa määritellään laitteiden välinen toiminnallinen kommunikointi. Tämän ansiosta Matter voi hyödyntää erilaisia fyysisiä siirtoteknologioita, kuten Wi-Fiä, Threadia ja Ethernetiä, ilman että sovelluskerroksen toiminnallisuus muuttuu. Tämä erottaa Matterin monista aiemmista ratkaisuista, joissa sekä verkkokerros että sovelluskerros ovat olleet valmistajakohtaisia (Connectivity Standards Alliance, 2026).

IP-pohjaisen arkkitehtuurin on myös todettu olevan keskeinen tekijä IoT-järjestelmien yhteentoimivuuden parantamisessa, sillä se mahdollistaa yhteisten standardien hyödyntämisen laajassa mittakaavassa. Zegeyen ja muiden (2023) mukaan tällainen lähestymistapa vähentää järjestelmien välistä heterogeenisyyttä ja helpottaa eri laitteiden integrointia samaan ympäristöön. Näin Matter-standardin IP-pohjaisuus muodostaa perustan järjestelmän yhteentoimivuudelle sekä tukee yhden käyttöliittymän toteuttamista useiden laitteiden yli.

3.1.4 Thread, Wi-Fi ja muut teknologiat

Matter ei määrittele käytettävää radioteknologiaa, vaan tukee useita verkkoratkaisuja, kuten Threadiä, Wi-Fiä ja Ethernetiä. Standardi yhdistää nämä teknologiat yhteisen sovelluskerroksen alle, jolloin laitteet voivat toimia yhdessä riippumatta käytetystä verkkoteknologiasta.

Matterin verkkotason suunnittelussa keskeistä on IPv6:n käyttö yhteisenä perustana eri siirtoteknologioiden välillä. Tämän ansiosta Wi-Fi-, Ethernet- ja Thread-verkot voivat toimia osana samaa järjestelmää, kunhan ne tukevat IP-pohjaista kommunikointia (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Eri siirtoteknologiat täydentävät toisiaan energiatehokkuuden ja suorituskyvyn näkökulmasta. Thread soveltuu vähävirtaisille akkukäyttöisille sensoreille, jotka välittävät pieniä tietomääriä, kun taas Wi-Fi ja Ethernet tarjoavat suuremman tiedonsiirtokapasiteetin esimerkiksi mediatoistolaitteille ja kameroille. Thread-verkon mesh-rakenne mahdollistaa energiatehokkaan toiminnan, mutta sen kaistanleveys on rajallinen verrattuna Wi-Fi- ja Ethernet-yhteyksiin (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Teknologioiden yhteistoiminta toteutetaan esimerkiksi Thread Border Router -ratkaisujen avulla, jotka yhdistävät Thread-verkon muihin IP-verkkoihin. Lisäksi Bluetooth Low Energy -teknologiaa käytetään erityisesti laitteiden käyttöönotossa ja verkkoon liittämässä, kun taas varsinainen tiedonsiirto tapahtuu IP-verkkojen yli (Connectivity Standards Alliance, 2026).

3.2 Yhteentoimivuuden toimintamalli

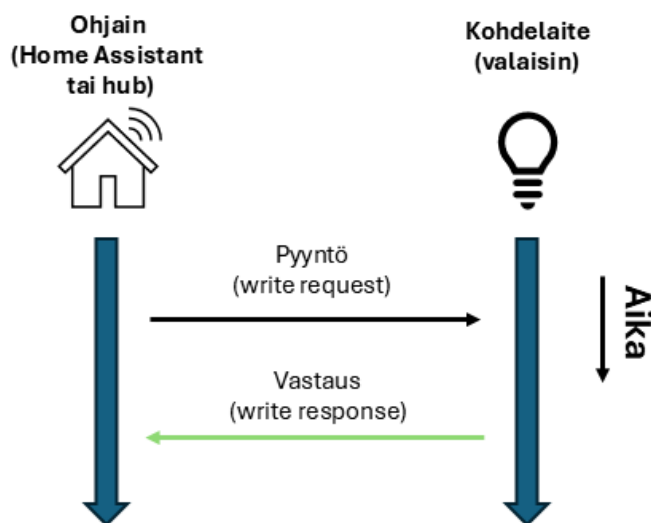
Matterin yhteentoimivuuden toimintamalli perustuu standardoituihin laitemalleihin, ominaisuuksiin ja komentoihin, joiden avulla eri valmistajien laitteet voivat ymmärtää toisiaan. Standardi määrittelee, miten laitteiden tilatiedot ja toiminnot esitetään, mikä mahdollistaa yhtenäisen ohjauksen eri järjestelmissä.

Keskeinen osa Matterin toimintamallia on niin sanottu multi-admin-ominaisuus, jonka ansiosta sama laite voi olla liitettyä useisiin ohjausjärjestelmiin samanaikaisesti. Tämä vähentää tarvetta valmistajakohtaisille sovelluksille ja mahdollistaa yhden tai useamman käyttöliittymän käytön käyttäjän valinnan mukaan. Näin Matter pyrkii ratkaisemaan luvussa 2 kuvatut yhteentoimivuuden haasteet ja muodostamaan sillan eri arkkitehtuurimallien välille.

3.2.1 Interaktiivinen malli

Matterin yhteentoimivuuden toimintamallin keskeinen osa on niin sanottu interaktiivinen malli (Interaction Model), joka määrittelee, miten eri laitteet kommunikoivat keskenään yhteisen datamallin avulla. Malli toimii yhteisenä kielenä, jonka avulla laitteet voivat välittää tilatietoja, vastaanottaa komentoja ja reagoida toistensa toimintaan (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Laitteiden välinen kommunikointi perustuu kolmeen keskeiseen toimintoon: tilatietojen lukemiseen ja tilaamiseen (read, subscribe), arvojen muuttamiseen (write) sekä toimintojen käynnistämiseen komentojen avulla (invoke commands). Näiden avulla laitteet voivat sekä hakea tietoa että vaikuttaa toistensa toimintaan. Lisäksi järjestelmä tukee tilausmallia, joka mahdollistaa jatkuvan tilapäivityksen ilman erillisiä pyyntöjä ja siten reaaliaikaisen tiedonsiirron esimerkiksi sensorien ja ohjausjärjestelmien välillä (Connectivity Standards Alliance, 2026). Interaktiivisen mallin perustoimintaa havainnollistetaan kuvassa 8, jossa esitetään pyyntö vastaus periaatteeseen perustuva kommunikointimalli.

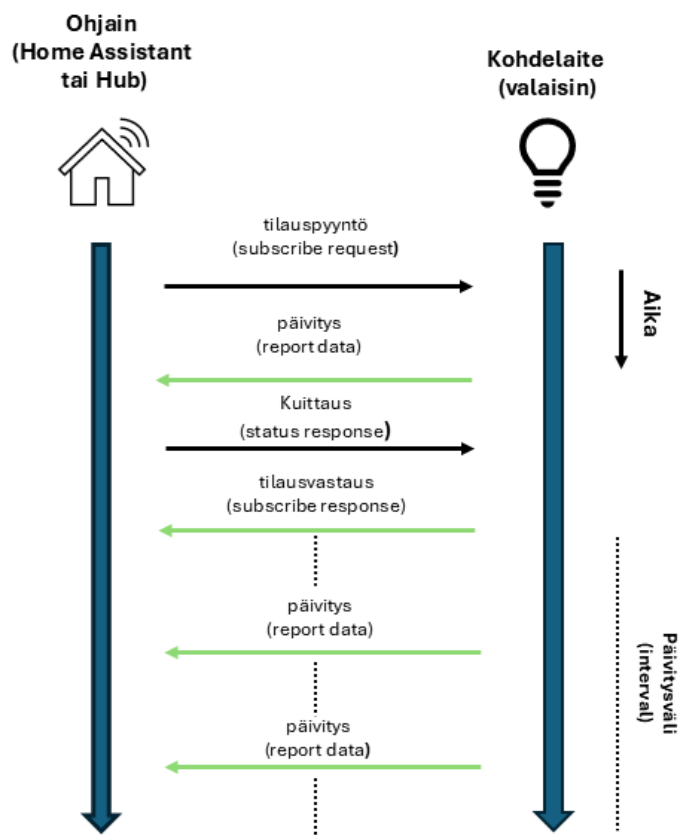


Kuva 8. Read Transaction -malli (mukaillen Connectivity Standards Alliance, 2026).

Kuvassa 8 aloittava laite (initiator) lähettää pyynnön (read request) kohdelaitteelle (target), joka vastaa lähettämällä pyydetyn tiedon (report data). Lopuksi vastaanottava laite vahvistaa viestin vastaanoton (status response). Tämä malli vastaa perinteistä kyselyyn perustuvaa tiedonhakuja, jossa laite pyytää tietoa aina tarvittaessa erikseen.

Pelkkä kyselyyn perustuva kommunikointi ei kuitenkaan ole riittävää monissa älykotisovelluksissa, joissa tarvitaan jatkuvaa tilatiedon päivittymistä. Tämän vuoksi Interaction Model tukee myös tilauspohjaista kommunikointia (subscription), jossa laite voi vastaanottaa päivityksiä automaattisesti ilman erillisiä pyyntöjä (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Kuvassa 9 esitetään tilauspohjainen kommunikointimalli, jossa aloittava laite lähettää tilauspyynnön (subscribe request) kohdelaitteelle. Tämän jälkeen kohdelaitteesta tulee tiedon julkaisija, joka lähettää päivityksiä (report data) säännöllisin väliajoin tilaavalle laitteelle. Tällainen toimintamalli mahdollistaa reaaliaikaisemman tiedonsiirron esimerkiksi sensorien ja ohjausjärjestelmien välillä ja vähentää tarvetta jatkuville kyselyille.



Kuva 9. Tilauspohjainen -malli (mukaillen Connectivity Standards Alliance, 2026).

Interaction Model tukee myös useiden laitteiden samanaikaista ohjausta ryhmien avulla. Tällöin yksi komento voidaan kohdistaa useaan laitteeseen yhtä aikaa, mikä vähentää viivettä ja parantaa järjestelmän reagoitokykyä. Tämä on tärkeää erityisesti älykotien kaltaisissa ympäristöissä, joissa käyttäjä voi ohjata esimerkiksi useita valaisimia yhdellä komennolla. Näin Interaction Model mahdollistaa tehokkaan ja yhtenäisen kommunikoinnin eri laitteiden välillä.

3.2.2 Multi-admin ja Fabric

Kuten luvussa 3.1 esitettiin, Matterin multi-admin-ominaisuus perustuu Fabric-rakenteeseen. Fabric tarkoittaa loogista verkkoa, jossa joukko laitteita muodostaa

yhteisen, turvallisen viestintäympäristön käyttäen samoja tunnisteita ja kryptografiaa varmenteita (Connectivity Standards Alliance, 2026). Fabric toimii käytännössä hallinta-alueena, joka määrittelee, miten ja mitkä laitteet voivat kommunikoida keskenään. Fabriciin kuuluvat laitteet jakavat saman luottamusohjan sekä tunnisteen, mikä mahdollistaa suojatun viestinnän laitteiden välillä.

Matterin keskeinen ominaisuus on, että yksittäinen laite voi kuulua samanaikaisesti useampaan Fabriciin. Tämä tarkoittaa, että sama laite voidaan liittää useisiin eri ohjausjärjestelmiin, joista jokainen muodostaa oman hallintaympäristönsä. Tätä ominaisuutta kutsutaan multi-adminiksi, ja se mahdollistaa laitteiden samanaikaisen käytön eri ekosysteemeissä, kuten Apple Home, Google Home ja muiden älykotialustojen kautta.

Vaikka laite voi kuulua useaan Fabriciin, sen toiminnallinen datamalli säilyy samana kaikissa ympäristöissä. Tämä tarkoittaa, että laitteen ominaisuudet, tilat ja komennot ovat yhtenäisiä riippumatta siitä, mitä ohjausjärjestelmää käytetään (Connectivity Standards Alliance, 2026). Tämän ansiosta eri järjestelmät voivat ohjata samaa laitetta ilman erillisiä integraatioita tai tulkkauskerroksia.

Multi-admin -malli vähentää merkittävästi ekosysteemilukkoja, sillä käyttäjä ei ole sidottu yhteen valmistajakohtaiseen hallintajärjestelmään. Sen sijaan samaa laitetta voidaan käyttää useiden käyttöliittymien kautta rinnakkain. Näin Fabric-rakenne ja multi-admin muodostavat keskeisen mekanismin, jolla Matter mahdollistaa eri valmistajien laitteiden yhteiskäytön ja tukee yhden yhtenäisen käyttöliittymän toteuttamista.

4 Matter-standardin vaikutus älykotien yhteentoimivuuteen

Älykotien yhteentoimivuuden kannalta keskeinen kysymys on, missä määrin arkkitehtuuriset ratkaisut mahdollistavat eri valmistajien laitteiden yhteiskäytön. Luvussa 2 esitettyjen havaintojen mukaan perinteiset ratkaisut perustuvat usein valmistajakohtaisiin protokolleihin ja eriytyneisiin datamalleihin, mikä rajoittaa yhteentoimivuutta (Aliero ja muut, 2020). Luvussa 3 tarkasteltu Matter-standardi pyrkii vastaamaan näihin haasteisiin yhtenäisen sovelluskerroksen, IP-pohjaisen viestinnän ja multi-admin-toiminnallisuuden avulla (Connectivity Standards Alliance, 2026; Zegeye ja muut, 2023).

Tässä luvussa analysoidaan, miten Matter vaikuttaa älykotien arkkitehtuureihin ja yhteentoimivuuteen verrattuna perinteisiin ratkaisuihin sekä arvioidaan sen vaikutuksia ekosysteemilukkoihin, laitteiden yhteensopivuuteen ja yhden käyttöliittymän toteuttamiseen.

4.1 Matter ja perinteiset arkkitehtuurimallit

Matter-standardia ei voida pitää täysin uutena arkkitehtuuriparadigmana, vaan se yhdistää useiden perinteisten älykotien arkkitehtuurimallien keskeisiä ominaisuuksia. Perinteiset älykotiratkaisut perustuvat joko keskitettyihin, pilvipohjaisiin tai hajautettuihin malleihin, joihin liittyy yhteentoimivusrajoitteita (Aliero ja muut, 2020). Näillä malleilla on omat vahvuutensa, mutta ne sisältävät myös rajoitteita erityisesti yhteentoimivuuden näkökulmasta. Seuraavaksi analysoidaan, miten Matter suhteutuu näihin arkkitehtuurimalleihin ja millä tavoin se pyrkii ratkaisemaan niihin liittyviä keskeisiä rajoitteita.

4.1.1 Keskitetty malli ja Matter

Keskitetyn mallin keskeinen rajoite liittyy ekosysteemilukkoon sekä yksittäisen hubin keskeiseen rooliin järjestelmässä. IoT-järjestelmissä hub toimii laitteiden välisen kommunikoinnin ja hallinnan keskuspukeena, mikä tekee siitä kriittisen riippuvuuden koko järjestelmän toiminnalle (Khalaf, 2026). Samalla valmistajakohtaiset ratkaisut sitovat laitteet tiettyyn järjestelmään, mikä rajoittaa eri valmistajien laitteiden yhteentoimivuutta ja ylläpitää suljettuja ekosysteemejä (Aliero ja muut, 2020).

Matter muuttaa tätä rakennetta säilyttäen keskitetyn mallin paikallisen ohjauksen, mutta poistamalla siihen liittyvää valmistajariippuvuutta. Standardin multi-admin-ominaisuus mahdollistaa sen, että sama laite voi olla samanaikaisesti useiden hallintajärjestelmien ohjattavissa. Tämä perustuu Matterin Fabric-malliin, jossa laite voi kuulua useaan erilliseen hallinta-alueeseen säilyttäen kuitenkin yhteisen datamallin (Connectivity Standards Alliance, 2026).

Tämän seurauksena yksittäisen hubin merkitys laitteen ohjauksessa vähenee, ja hallinta jakautuu useiden järjestelmien kesken. Tämä vähentää ekosysteemilukkoa ja parantaa laitteiden välistä yhteentoimivuutta. Matter ei näin ollen korvaa keskitettyä arkkitehtuuria, vaan hajauttaa sen hallintaa säilyttäen samalla sen keskeiset edut.

4.1.2 Pilvipohjainen malli ja Matter

Pilvipohjaisessa arkkitehtuurissa laitteiden ohjaus, datan käsittely ja logiikka sijaitsevat keskitetyissä pilvipalveluissa. Tämä mahdollistaa etähallinnan ja skaalautuvuuden, mutta tekee järjestelmästä riippuvaisen internet-yhteydestä sekä valmistajakohtaisista ratkaisuista, mikä voi heikentää yhteentoimivuutta (Aliero ja muut, 2020). Lisäksi eri protokollien ja ekosysteemien hajanaisuus vaikeuttaa eri valmistajien laitteiden yhteistoimintaa (Zegeye ja muut, 2023). Pilvipohjaiset ratkaisut voivat myös aiheuttaa

viivettä, mikä rajoittaa niiden soveltuvuutta reaaliaikaisiin käyttötapauksiin (Rosa ja muut, 2020).

Matter pyrkii ratkaisemaan näitä rajoitteita mahdollistamalla laitteiden välisen suoran paikallisen viestinnän ilman jatkuvaa pilvipalveluriippuvuutta. Tämä parantaa järjestelmän toimintavarmuutta ja vähentää viivettä (Connectivity Standards Alliance, 2026). Samalla yhtenäinen standardi vähentää ekosysteemien välistä fragmentaatiota ja parantaa yhteentoimivuutta (Zegeye ja muut, 2023).

Matter ei kuitenkaan korvaa pilvipohjaisia ratkaisuja, vaan yhdistää paikallisen kommunikoinnin ja pilvipalvelut. Näin se muodostaa hybridimallin, jossa pilven skaalautuvuus ja paikallisen verkon suorituskyky täydentävät toisiaan.

4.1.3 Reunalaskentaan perustuva malli ja Matter

Reunalaskentaan perustuvan mallin keskeiset edut liittyvät matalaan viiveeseen, parempaan suorituskykyyn ja vähäisempään riippuvuuteen pilvipalveluista (Rosa ja muut, 2020). Mallin keskeinen rajoite liittyy kuitenkin yhteentoimivuuteen, sillä eri valmistajien laitteet käyttävät usein toisistaan poikkeavia protokollia ja datamalleja. Tämä johtaa älykotijärjestelmien hajanaisuuteen ja vaikeuttaa laitteiden yhteiskäyttöä (Aliero ja muut, 2020; Zegeye ja muut, 2023).

Matter pyrkii ratkaisemaan tätä rajoitetta tarjoamalla yhtenäisen sovelluskerroksen ja standardoidun kommunikointimallin, joka mahdollistaa laitteiden välisen suoran yhteyden. Tämä vähentää eri ratkaisujen välistä hajanaisuutta ja parantaa eri valmistajien laitteiden yhteentoimivuutta (Connectivity Standards Alliance, 2026; Zegeye ja muut, 2023).

Näin ollen Matter ei muuta reunalaskentamallin perusideaa, vaan täydentää sitä standardoidulla rajapinnalla, joka parantaa yhteensopivuutta säilyttäen samalla mallin keskeiset suorituskykyedut.

4.1.4 Paikalliseen käsittelyyn perustuva malli ja Matter

Paikalliseen käsittelyyn perustuvan mallin keskeiset edut liittyvät matalaan viiveeseen, nopeaan reagointiin ja parempaan yksityisyyteen ilman riippuvuutta pilvipalveluista (Cai ja muut, 2019; Rosa ja muut, 2020). Mallin keskeinen rajoite liittyy kuitenkin yhteentoimivuuteen, sillä eri valmistajien laitteet hyödyntävät toisistaan poikkeavia protokollia ja datamalleja, mikä vaikeuttaa järjestelmien laajennettavuutta ja integraatiota (Aliero ja muut, 2020; Zegeye ja muut, 2023).

Matter pyrkii ratkaisemaan tätä rajoitetta tarjoamalla yhtenäisen sovelluskerroksen ja standardoidut laitemallit, jotka mahdollistavat laitteiden välisen suoran kommunikoinnin ilman välikäsiä. Tämä vähentää ekosysteemien hajanaisuutta ja parantaa eri valmistajien laitteiden yhteentoimivuutta (Connectivity Standards Alliance, 2026; Zegeye ja muut, 2023).

Näin ollen Matter ei korvaa paikalliseen käsittelyyn perustuvaa mallia, vaan täydentää sitä poistamalla keskeisen yhteentoimivuuksirajoitteen säilyttäen samalla mallin autonomian ja suorituskykyedut.

Tarkastelun perusteella perinteisten arkkitehtuurimallien keskeiset erot liittyvät siihen, missä data käsitellään ja miten laitteiden välinen kommunikointi toteutetaan. Keskitetty malli korostaa paikallista hallintaa, mutta kärsii ekosysteemilukosta, kun taas pilvipohjainen malli tarjoaa skaalautuvuutta, mutta on riippuvainen internetyhteydestä. Reunalaskentaan ja paikalliseen käsittelyyn perustuvat mallit puolestaan tarjoavat paremman suorituskyvyn ja pienemmän viiveen, mutta niiden keskeinen rajoite liittyy yhteentoimivuuteen.

Matter ei korvaa näitä arkkitehtuurimalleja, vaan vähentää niiden keskeisiä rajoitteita erityisesti yhteentoimivuuden näkökulmasta. Näin se voidaan tulkita hybridiratkaisuksi, jossa eri mallien vahvuudet säilyvät, mutta niiden heikkouksia lievennetään yhtenäisen sovelluskerroksen avulla. Taulukosta 1 nähdään, että paikallinen ohjaus vähentää vasteaikoja merkittävästi ja parantaa järjestelmän käsittelykapasiteettia. Tämä tukee

havaintoa, että paikalliseen ja reunalaskentaan perustuvat ratkaisut tarjoavat paremmat edellytykset viiveherkille sovelluksille kuin pilvipohjaiset mallit. Näillä suorituskykyeroilla on myös suora vaikutus käyttöliittymän toimintaan ja käyttäjäkokemukseen, minkä vuoksi seuraavaksi tarkastellaan Matterin vaikutusta yhden käyttöliittymän toteuttamiseen.

Taulukko 1. Pilvi- ja paikalliskäyttöliittymien vertailu (mukaan Kim ja muut, 2024).

Mittari	Pilvipohjainen	Paikallinen	Muutos
Vasteaika (keskim.)	264 ms	82 ms	-68,9 %
Vasteaika (min)	94 ms	13 ms	-86 %
Vasteaika (max)	7402 ms	496 ms	-93,2 %
Suorituskyky (TPS)	3,78	12,12	+320 %

Taulukosta 1 nähdään, että paikallinen ohjaus vähentää vasteaikoja merkittävästi ja parantaa järjestelmän käsittelykapasiteettia. Esimerkiksi maksimaalinen vasteaika pienenee useilla sekunneilla, mikä voi olla ratkaisevaa reaaliaikaisessa ohjauksessa. Tämä tukee luvussa esitettyä havaintoa siitä, että paikalliseen ja reunalaskentaan perustuvat arkkitehtuurimallit tarjoavat paremmat edellytykset viiveherkille sovelluksille verrattuna pilvipohjaisiin ratkaisuihin. Näin suorituskykyerot vahvistavat arkkitehtuurivalintojen merkitystä älykotijärjestelmien käytettävyyden kannalta. Näillä suorituskykyeroilla on suora vaikutus myös käyttöliittymän toimintaan ja käyttäjäkokemukseen, minkä vuoksi seuraavaksi tarkastellaan Matterin vaikutusta yhden käyttöliittymän toteuttamiseen.

4.2 Matterin vaikutus yhden käyttöliittymän toteuttamiseen

Matter-standardin vaikutus käyttöliittymän toteuttamiseen perustuu sen määrittelemään yhtenäiseen datamalliin ja vuorovaikutusmalliin. Matterin laitemalli jäsentää laitteiden ominaisuudet hierarkkisesti solmuihin, rajapintoihin ja klustereihin, joissa kunkin laitteen tilat, komennot ja tapahtumat esitetään standardoidussa muodossa (Connectivity Standards Alliance, 2026). Tämän seurauksena eri valmistajien laitteet kuvaavat toiminnallisuutensa yhdenmukaisesti, mikä mahdollistaa niiden ohjauksen samankaltaisella logiikalla eri järjestelmissä.

Lisäksi Matterin vuorovaikutusmalli määrittelee, miten laitteet vaihtavat tietoa keskenään esimerkiksi lukemalla tilatietoja, kirjoittamalla arvoja tai kutsumalla komentoja. Tämä yhtenäinen kommunikointimalli toimii alustariippumattomasti ja luo teknisen perustan käyttöliittymän yhtenäistämiseksi (Connectivity Standards Alliance, 2026). Käytännössä tämä mahdollistaa sen, että samaa laitetta voidaan ohjata useista eri järjestelmistä ilman erillisiä integraatioita.

Myös käyttöliittymän muodostuminen perustuu tähän datamalliin. Matter-järjestelmässä ohjaava laite, kuten mobiilisovellus tai hubi, hyödyntää laitteista saatavaa kuvailevaa tietoa ja laitemalleja määritelläkseen, miten laite esitetään käyttäjälle. Esimerkiksi laitteiden tyyppitiedot ja tuetut ominaisuudet vaikuttavat suoraan käyttöliittymäelementteihin (Connectivity Standards Alliance, 2026). Tästä seuraa, että eri järjestelmät voivat periaatteessa esittää samat laitteet yhdenmukaisesti.

Käytännön toteutuksessa käyttöliittymän yhtenäisyys ei kuitenkaan täysin toteudu. Zegeyen ja muiden (2025) vertailussa havaittiin merkittäviä eroja eri älykotialustojen välillä sekä käyttöönoton että käyttöliittymien osalta. Erityisesti laitteiden käyttöönottoon tarvittavien vaiheiden määrä vaihtelee huomattavasti eri järjestelmien välillä. Apple- ja Google-pohjaisissa ratkaisuisa käyttöönotto on selkeästi yksinkertaisempaa kuin Amazonin ja Samsungin järjestelmissä, mikä osoittaa eroja käyttöliittymäsuunnittelussa ja käytettävyydessä (Zegeye ja muut, 2025). Taulukossa 2

esitetään eri älykotialustojen laitteiden käyttöönottoon ja hallintaan liittyvien vaiheiden määrä.

Taulukko 2. Älykotimallien käyttöönotto ja hallinta (Zegeye ja muut, 2025).

Alusta	Käyttöönotto (QR-koodi)	Käyttöönotto (manuaalinen)	Laitteen tilan tarkistus	Laitteen ohjaus
Amazon	16	16	1	2
Apple	7	8	1	2
Google	7	8	1	2
Samsung	13	14	1	2

Taulukko 2 osoittaa, että käyttöönoton monimutkaisuus vaihtelee merkittävästi eri alustojen välillä, mikä heikentää käyttöliittymän yhtenäisyyttä. Vaikka käyttöönotossa esiintyy eroja, laitteiden päivittäinen käyttö on kaikissa järjestelmissä melko yhtenäistä. Zegeyen ja muiden (2025) mukaan laitteen tilan tarkastelu ja ohjaus vaativat kaikilla alustoilla vain muutamia vaiheita, mikä viittaa siihen, että käyttöliittymän perustoiminnot ovat yhtenäisiä käyttöönoton jälkeen. Lisäksi järjestelmien välillä esiintyy eroja toiminnallisuuksien tasolla. Automaatioiden tuki vaihtelee eri alustojen välillä, eikä kaikilla alustoilla ole mahdollisuutta luoda automaatioääntöjä samalla tavalla. Tämä rajoittaa laitteiden yhtenäistä käyttöä eri käyttöliittymissä ja heijastaa eroja järjestelmien suunnittelussa (Zegeye ja muut, 2025). Taulukossa 3 esitetään automaatiotuen erot eri älykotialustojen välillä.

Taulukko 3. Automaatituen vertailu eri älykotialustoilla (Zegeye ja muut, 2025)

Alusta	Automaatituki	Huomioita
Amazon	Ei	Ei tarjoa mahdollisuutta
Apple	Ei	Shortcuts mahdollistaa osittaisen tuen
Google	Ei	Ei suoraa automaatitukea
Samsung	Kyllä	Vaatii kolmannen osapuolen sovelluksia

Taulukko 3 osoittaa, että käyttöliittymien tarjoamat toiminnot eivät ole yhtenäisiä eri alustoilla, mikä rajoittaa yhden käyttöliittymän toteutumista käytännössä. Tämä tukee havaintoa, että vaikka Matter standardoi laitteiden kommunikoinnin ja datamallit, käyttöliittymä ja siihen liittyvät toiminnot jäävät edelleen alustakohtaisiksi. Käyttöliittymän rakenne, esitystapa ja tarjotut ominaisuudet määräytyvät valmistajan mukaan, mikä johtaa eroihin käyttäjäkokemuksessa (Connectivity Standards Alliance, 2026; Zegeye ja muut, 2025).

Matter parantaa merkittävästi yhden käyttöliittymän teknisiä edellytyksiä yhtenäistämällä laitteiden toiminnallisuuden ja kommunikointimallit. Se mahdollistaa eri valmistajien laitteiden ohjauksen samankaltaisella logiikalla useissa järjestelmissä. Käytännössä käyttöliittymän yhtenäisyys ei kuitenkaan täysin toteudu, koska käyttöliittymien suunnittelu, toiminnallisuudet ja automaatiot jäävät edelleen alustakohtaisiksi. Näin ollen Matter ratkaisee laitetason yhteentoimivuuden haasteita, mutta käyttöliittymätasolla yhtenäinen käyttökokemus ei toteudu eri järjestelmien välillä.

4.3 Matter-standardin rajoitteet ja käyttöönoton haasteet

4.3.1 Teknologiset rajoitteet

Vaikka Matter-standardi parantaa merkittävästi älykotijärjestelmien yhteentoimivuutta, siihen liittyy edelleen teknologisia rajoitteita. Yksi keskeisimmistä haasteista on laitetuen puutteellisuus, sillä kaikki olemassa olevat älykotilaitteet eivät vielä tue Matter-standardia. Tämä rajoittaa käyttäjän mahdollisuuksia rakentaa täysin yhtenäinen järjestelmä pelkästään Matter-yhteensopivista laitteista ja pakottaa usein hyödyntämään muita teknologioita rinnalla.

Lisäksi vaikka Matter määrittelee yhtenäisen sovelluskerroksen ja laitemallit, eri valmistajien toteutukset eivät ole täysin identtisiä. Laitteet saattavat tukea vain osaa standardin määrittelemistä ominaisuuksista, mikä johtaa eroihin toiminnallisuudessa eri järjestelmien välillä. Näin ollen standardointi ei takaa täysin yhtenäistä käyttäjäkokemusta, vaan ominaisuuksien saatavuus voi vaihdella laite- ja valmistajakohtaisesti.

Toinen merkittävä rajoite liittyy standardin kehitysvaiheeseen. Matter on vielä verrattain uusi teknologia, ja sen ominaisuudet sekä laitetuki kehittyvät jatkuvasti. Tämä tarkoittaa, että kaikki suunnitellut toiminnallisuudet eivät ole vielä laajasti saatavilla, ja järjestelmä voi muuttua merkittävästi tulevien päivitysten myötä. Tämän seurauksena nykyiset toteutukset eivät vielä täysin vastaa standardin pitkän aikavälin tavoitteita.

4.3.2 Käyttöönoton rajoitukset

Matter-standardin käyttöönottoon liittyy myös käytännön haasteita, jotka voivat vaikeuttaa sen hyödyntämistä erityisesti tavallisille käyttäjille. Yksi keskeinen ongelma on laitteiden käyttöönoton ja parittamisen monimutkaisuus. Vaikka standardi pyrkii yksinkertaistamaan käyttöönottoa esimerkiksi QR-koodiin perustuvalla commissioning-

prosessilla, käytännössä käyttökokemus vaihtelee eri alustojen välillä ja saattaa sisältää useita vaiheita.

Lisäksi Matterin toiminta perustuu usein Thread- ja Wi-Fi-verkkojen yhdistelmään, mikä tuo mukanaan uusia konfigurointiin liittyviä vaatimuksia. Thread-verkkojen käyttöönotto edellyttää yhteensopivia laitteita, kuten Thread Border Router -komponentteja, joiden asennus ja hallinta lisää järjestelmän monimutkaisuutta. Tämä voi muodostaa merkittävän kynnyksen käyttäjille, joilla ei ole aiempaa kokemusta älykotijärjestelmien teknisestä hallinnasta.

Myös multi-admin-ominaisuus, joka mahdollistaa laitteen käytön useissa järjestelmissä samanaikaisesti, voi lisätä käyttöönoton monimutkaisuutta. Useiden ohjainten hallinta sekä laitteiden liittäminen eri ekosysteemeihin edellyttävät käyttäjältä ymmärrystä järjestelmän rakenteesta, mikä voi heikentää käyttökokemusta. Näin ollen, vaikka Matter yksinkertaistaa joitakin käyttöönoton osa-alueita, se tuo samalla uusia teknisiä haasteita.

4.3.3 Ekosysteemikohtaiset erot

Matter-standardi mahdollistaa laitteiden käytön useissa eri älykotialustoissa, ekosysteemien väliset erot eivät poistu kokonaan. Eri alustat, kuten Apple Home, Google Home ja Home Assistant, toteuttavat käyttöliittymän, automaatiot ja laitteiden hallinnan omilla tavoillaan. Tämä johtaa siihen, että sama laite voi toimia eri tavoin riippuen käytetystä järjestelmästä.

Ekosysteemikohtaiset erot näkyvät erityisesti käyttöliittymän esitystavassa, tuetuissa toiminnoissa sekä automaatioiden toteutuksessa. Osa alustoista tarjoaa laajemmat automaatiomahdollisuudet tai kehittyneemmät hallintatyökalut, kun taas toiset keskittyvät yksinkertaisempaan ja käyttäjäystävällisempään käyttöliittymään. Tämä johtaa erilaisiin käyttökokemuksiin, vaikka taustalla toimii sama Matter-standardi. Lisäksi valmistajat voivat lisätä omia laajennuksiaan ja ominaisuuksiaan standardin

päälle, mikä voi entisestään lisätä eroja eri alustojen välillä. Tämän seurauksena Matter ei täysin poista ekosysteemikohtaisia rajoitteita, vaan ainoastaan vähentää niiden vaikutusta laitteiden yhteentoimivuuden näkökulmasta.

Vaikka Matter yksinkertaistaa joitakin käyttöönoton osa-alueita, se tuo mukanaan myös uusia teknisiä vaatimuksia, jotka voivat lisätä järjestelmän monimutkaisuutta käyttäjän näkökulmasta.

4.4 Matter eri älykotialustoilla

Matter-standardin keskeinen tavoite on mahdollistaa laitteiden yhteentoimivuus eri älykotialustojen välillä. Käytännössä standardin toimivuutta voidaan tarkastella vertaamalla, miten se toteutuu eri alustoissa, kuten Apple Homessa, Google Homessa ja Home Assistantissa. Vaikka näissä järjestelmissä hyödynnetään samaa Matter-standardia, niiden toimintatavat ja käyttöliittymäratkaisut eroavat toisistaan merkittävästi (Zegeye ja muut, 2025).

Apple Home edustaa niin sanottua paikallinen ensin (engl. local-first) -lähestymistapaa, jossa laitteiden ohjaus ja automaatiot pyritään toteuttamaan ensisijaisesti paikallisesti ilman jatkuvaa pilvipalveluriippuvuutta. Zegeyen ja muiden (2025) mukaan Apple HomePod Mini toimii keskeisenä hubina, joka mahdollistaa Matter-laitteiden ohjauksen ja suhteellisen yksinkertaisen käyttöönoton osana Apple-ekosysteemiä. Tämä parantaa järjestelmän toimintavarmuutta ja vasteaikoja, mutta samalla rajoittaa käyttäjän mahdollisuuksia tehdä laajempia automaatioita tai hyödyntää avoimia integraatioita. Apple-ekosysteemi on rakenteeltaan suljetumpi, mikä johtaa yhtenäisempään mutta samalla rajatumpaan käyttöliittymäkokemukseen.

Google Home edustaa puolestaan hybridimallia, jossa yhdistyvät paikalliset toiminnot ja pilvipohjainen ohjaus. Vertailun havaintojen mukaan Google Home mahdollistaa laajan laiteyhteensopivuuden eri valmistajien välillä ja tukee erilaisten laitteiden yhdistämistä

samaan järjestelmään. Tämä mahdollistaa laajemmat automaatiot ja integraatiot, mutta samalla lisää riippuvuutta pilvipalveluista. Käyttöliittymän näkökulmasta Google Home tarjoaa joustavimmat toiminnallisuudet kuin Apple Home, mutta järjestelmä ei ole yhtä vahvasti optimoitu paikalliseen käyttöön (Zegeye ja muut, 2025).

Home Assistant eroaa edellisistä alustoista selvästi, sillä se on avoimeen lähdekoodiin perustuva ja erittäin joustava älykotialusta. Se mahdollistaa laajan integraation eri teknologioiden yli sekä kehittyneempien automaatioiden toteuttamisen. Samalla järjestelmä kuitenkin edellyttää käyttäjältä enemmän teknistä osaamista, ja käyttöliittymä ei ole yhtä yksinkertainen kuin kaupallisissa ratkaisuissa. Zegeyen ja muiden (2025) vertailu tukee tätä yleisempää havaintoa, sillä eri alustojen välillä esiintyy merkittäviä eroja automaatioiden toteutuksessa ja integraatioiden laajuudessa.

Vaikka kaikki nämä alustat tukevat Matter-standardia, niiden väliset erot osoittavat, että käyttökokemus ei ole yhtenäinen. Zegeyen ja muiden (2025) mukaan erot ilmenevät erityisesti automaatioiden tuessa, käyttöönoton monimutkaisuudessa sekä käyttöliittymän toimintalogiikassa. Näin ollen voidaan todeta, että Matter mahdollistaa laitteiden yhteentoimivuuden eri järjestelmien välillä, mutta ei yhtenäistä käyttöliittymää tai käyttökokemusta. Tämä vastaa luvussa 4.2 esitettyjä havaintoja käyttöliittymien eroista.

5 Johtopäätökset

Tässä tutkielmassa tarkasteltiin Matter-standardin vaikutusta älykotien yhteentoimivuuteen sekä sen roolia yhden käyttöliittymän toteuttamisessa. Tavoitteena oli selvittää, miten Matter-standardin arkkitehtuuri vähentää ekosysteemilukkoja, miten se vertautuu perinteisiin älykotien arkkitehtuurimalleihin, mitä rajoitteita standardiin edelleen liittyy sekä miten se toimii käytännössä eri älykotialustoilla.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Matter-standardi vähentää merkittävästi älykotijärjestelmien ekosysteemilukkoja. Avoimeen standardiin perustuva arkkitehtuuri sekä multi-admin-toiminnallisuus mahdollistavat sen, että laitteita voidaan käyttää samanaikaisesti useissa eri ohjausjärjestelmissä ilman erillisiä integraatiokerroksia. Tämä muuttaa olennaisesti perinteistä tilannetta, jossa laitteet ovat sidottuja valmistajakohtaisiin ekosysteemeihin. Matter siirtää hallinnan painopistettä valmistajilta käyttäjälle, mikä lisää järjestelmien joustavuutta ja mahdollistaa älykotien rakentamisen useista eri valmistajien laitteista ilman merkittäviä yhteensopivuusongelmia.

Arkkitehtuurin näkökulmasta Matteria ei voida pitää täysin uutena ratkaisumallina, vaan sitä voidaan tulkita hybridimalliksi, joka yhdistää perinteisten arkkitehtuurien keskeisiä ominaisuuksia. Se hyödyntää keskitetyn mallin ohjausrakennetta, pilvipohjaisten ratkaisujen skaalautuvuutta sekä reunalaskennan ja paikallisen käsittelyn suorituskykyetuja. Samalla Matter tuo näihin malleihin yhtenäisen sovelluskerroksen, joka vähentää järjestelmien heterogeenisyyttä ja parantaa laitteiden välistä yhteentoimivuutta. Näin se ei korvaa olemassa olevia arkkitehtuureja, vaan toimii niitä yhdistävänä standardikerroksena.

Yhden käyttöliittymän toteuttamisen kannalta Matter parantaa tilannetta ennen kaikkea teknisellä tasolla. Standardoidut laitemallit ja yhtenäinen vuorovaikutusmalli mahdollistavat sen, että eri valmistajien laitteita voidaan ohjata yhdenmukaisella logiikalla useista järjestelmistä. Tämä luo selkeän perustan käyttöliittymien

yhtenäistämiseksi ja vähentää tarvetta erillisille integraatoratkaisuille. Käytännössä tämä tarkoittaa, että sama laite voidaan liittää useisiin ekosysteemeihin ja sitä voidaan hallita rinnakkain eri käyttöliittymistä käyttäjän valinnan mukaan.

Keskeinen johtopäätös on kuitenkin, että Matter ei itsessään mahdollista täysin yhtenäistä käyttöliittymää. Vaikka laitteiden kommunikointi ja datamallit on standardoitu, käyttöliittymien toteutus jää alustakohtaiseksi. Eri älykotialustat, kuten Apple Home, Google Home ja Home Assistant, eroavat toisistaan käyttöliittymärakenteen, automaatioiden, käyttöönoton sekä toiminnallisuuksien osalta. Tämän seurauksena sama laite voi tarjota erilaisen käyttökokemuksen riippuen käytetystä järjestelmästä. Näin ollen yhteentoimivuuden ongelmat eivät poistu kokonaan, vaan siirtyvät osittain käyttöliittymätasolle.

Matter-standardin rajoitteet liittyvät erityisesti laitetuen kehitysvaiheeseen, käyttöönoton monimutkaisuuteen sekä ekosysteemikohtaisiin eroihin. Kaikki markkinoilla olevat laitteet eivät vielä tue standardia, ja eri valmistajien toteutukset voivat vaihdella ominaisuuksien osalta. Lisäksi tekniset vaatimukset, kuten Thread-verkon hyödyntäminen ja multi-admin-ympäristöjen hallinta, voivat lisätä järjestelmän monimutkaisuutta. Nämä tekijät rajoittavat standardin täysimittaista käyttöönottoa erityisesti vähemmän teknisille käyttäjille.

Käytännön tarkastelun perusteella Matter toimii eri alustoilla, mutta sen toteutus ja käyttökokemus vaihtelevat merkittävästi. Vaikka standardi mahdollistaa laitteiden yhteiskäytön, alustojen väliset erot käyttöliittymässä ja toiminnallisuuksissa säilyvät. Tämä osoittaa, että Matter ratkaisee ensisijaisesti laitetaso yhteentoimivuuden haasteita, mutta ei yhdenmukaista älykotijärjestelmien käyttöliittymiä.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että Matter muuttaa älykotien yhteentoimivuuden perustaa merkittävästi, mutta ei ratkaise kaikkia siihen liittyviä ongelmia. Se tarjoaa teknisen perustan yhtenäisemmille järjestelmille ja parantaa merkittävästi eri laitteiden yhteiskäyttöä, mutta jättää käyttöliittymien yhtenäistämisen alustojen ja valmistajien vastuulle.

Tulevaisuudessa Matter-standardin merkitys tulee todennäköisesti kasvamaan laitetuen lisääntyessä ja teknologian kehittyessä. Täysin yhtenäisen käyttöliittymän toteutuminen jää kuitenkin epävarmaksi, sillä käyttöliittymät muodostavat keskeisen osan valmistajien välistä kilpailua. Näin ollen Matterin suurin vaikutus kohdistuu ennen kaikkea yhteentoimivuuden parantamiseen, kun taas käyttöliittymien yhtenäisyys jää osittaiseksi.

Tutkielman rajoitteena on sen teoreettinen luonne, sillä analyysi perustuu kirjallisuuskatsaukseen eikä sisällä empiiristä testausta. Tästä huolimatta työ muodostaa kattavan ja systemaattisen kokonaiskuvan Matter-standardin vaikutuksista älykotien arkkitehtuureihin, yhteentoimivuuteen sekä yhden käyttöliittymän toteuttamisen edellytyksiin.

Jatkotutkimuksen näkökulmasta olisi hyödyllistä tarkastella Matter-standardin toimivuutta empiirisessä ympäristössä, esimerkiksi vertailemalla eri älykotialustojen käytettävyyttä, suorituskykyä ja käyttökokemusta käytännön testien avulla. Lisäksi jatkotutkimuksessa voitaisiin selvittää, miten käyttöliittymien yhtenäisyyttä voidaan edistää standardoinnin tai yhteisten suunnitteluperiaatteiden avulla. Erityisesti olisi tärkeää tutkia, miten alustakohtaisia eroja voitaisiin vähentää ilman, että valmistajien mahdollisuus innovaatioon ja erilaistumiseen heikkenee. Tällaiset tutkimussuunnat voisivat tarjota keinoja parantaa älykotijärjestelmien kokonaiskäyttökokemusta ja edistää yhden yhtenäisen käyttöliittymän toteutumista tulevaisuudessa.

Lähteet

- Aliero, M. S., Ahmad, A. M., Kalgo, U. S., ja Aliero, S. A. (2020). An Overview of Internet of Things: Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World. *International Journal of Computing and Communication Networks*, 2(1), 1–11. Noudettu 20.3.2026 osoitteesta <https://www.ijccn.com/index.php/IJCCN/article/view/17>
- Atzori, L., Iera, A., ja Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787–2805. Noudettu 17.3.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Cai, Y., Genovese, A., Piuri, V., Scotti, F., ja Siegel, M. (2019). IoT-based architectures for sensing and local data processing in ambient intelligence: research and industrial trends. Teoksessa *2019 IEEE international Instrumentation and measurement technology conference (I2MTC)* (s. 1–6). IEEE. Noudettu 16.4.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2019.8827110>
- Connectivity Standards Alliance. (2026). Matter Handbook. Noudettu 12.3.2026 osoitteesta <https://handbook.buildwithmatter.com/>
- Dayoub, A. J. (2025). The integration of edge computing into IoT application using AdvantEDGE platform, case study: mobility. Teoksessa *2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)* (s. 1–5). IEEE. Noudettu 16.4.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1109/REEPE63962.2025.10970884>
- Damra, H., Ioannou, I., ja Darabkh, K. A. (2024). IoT Mesh Networking: Performance Comparison of Z-Wave, Zigbee, BLE, and Thread with a Generic Mathematical Model. Noudettu 22.5.2026 osoitteesta <https://www.researchgate.net/publication/399666694>
- Khalaf, H. A. (2026). Hub-Based Internet of Things (IoT) Security Using K-Means Clustering. *InfoTech Spectrum: Iraqi Journal of Data Science*, 3(1), 29–44. Noudettu 13.4.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.51173/ijds.v3i1.46>
- Kim, D. E., Lee, W. S., Kim, H. W., ja Kim, H. (2024, November). Designing a Matter Hub and Communication API for the Local Server-based Smart Home. Teoksessa *2024*

- IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence Systems (IoTaIS)* (s. 253–257). IEEE. Noudettu 24.4.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1109/IoTaIS64014.2024.10799367>
- Palm, S. (2012). Home networks: From bits to gigabits: Lessons learned from the evolution of home networking. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 1(3), 29–35. Noudettu 20.3.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1109/MCE.2012.2193470>
- Rosa, L., Silva, F., ja Analide, C. (2020). IoT Architecture Proposal from a Survey of Pedestrian-Oriented Applications. Teoksessa *Intelligent Environments 2020: Workshop Proceedings of the 16th International Conference on Intelligent Environments* (s. 177–186). SAGE Publications. Noudettu 24.5.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.3233/AISE200040>
- SAP. (2026). *Mikä on esineiden internet (IoT)?* Noudettu 11.3.2026 osoitteesta: <https://www.sap.com/finland/resources/what-is-iot>
- Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., ja Vinel, A. (2012). Internet of things. *International journal of communication systems*, 25(9), 1101. Noudettu 17.3.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1002/dac.2417>
- Yang, G., Jiang, M., Ouyang, W., Ji, G., Xie, H., Rahmani, A. M., ... ja Tenhunen, H. (2018). IoT-based remote pain monitoring system: From device to cloud platform. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 22(6), 1711-1719. Noudettu 15.4.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1109/JBHI.2017.2776351>
- Zegeye, W., Jemal, A., ja Kornegay, K. (2023). Connected smart home over matter protocol. Teoksessa *2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)* (s. 1–7). IEEE. Noudettu 15.3.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1109/ICCE56470.2023.10043520>
- Zegeye, W., Mangar, R., Qian, J., Morris, V., Khanafer, M., Kornegay, K., ... ja Kotz, D. (2025). Comparing smart-home devices that use the Matter protocol. Teoksessa *2025 IEEE 22nd Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)* (s. 1–6). IEEE. Noudettu 22.5.2026 osoitteesta <https://doi.org/10.1109/CCNC54725.2025.10976049>