

QUANDO LE LUCI SI SPENGO Prospettive future per la progettazione della casa intelligente

WHEN LIGHTS TURN OFF Future perspectives to design smart homes

Matteo O. Ingaramo, Mila Stepanovic

ABSTRACT

La situazione della pandemia Covid-19 ha manifestato con grande evidenza l'incertezza e la complessità della nostra esistenza: siamo coinvolti e partecipiamo alla messa in discussione dei modelli di vita consolidati e alla sperimentazione di nuovi modelli politici ed economici che coinvolgono diversi attori, dai sistemi di governo alle comunità o società virtuali. Le tecnologie hanno decisamente un ruolo essenziale in queste trasformazioni e sfide globali al cambiamento. Questo saggio analizza il rapporto tra questo fenomeno generale e il suo effetto particolare sugli individui nella sfera privata, concentrandosi sulla digitalizzazione degli spazi e in particolare di quello domestico. Mediante alcuni casi studio riguardanti tipologie di sistemi di smart home diversi per tecnologie e infrastrutture, modalità d'interazione, hardware e software, e per il loro rapporto con il design di ambienti di questo tipo si porranno in evidenza sia le sfide che le soluzioni emergenti. In conclusione verrà proposto uno scenario di approccio critico ai sistemi complessi del prossimo futuro per progettare in modo più consapevole e coerente un ambiente da vivere intelligente, a dimensione umana e sostenibile.

The Covid-19 pandemic has strongly shown the uncertainty and complexity of our lives. We are involved and we participate in questioning our consolidated life models and in the experimentation of new political and economic models, involving different actors, from the governments to the communities or virtual societies. Technologies have definitely an essential role in these transformations and global challenges aimed to change. This essay analyses the link between this general phenomenon and its particular effect on private citizens, focusing on the digitisation of spaces and, in particular, domestic spaces. Challenges and emerging situations will be highlighted through some case studies concerning smart home systems, different in terms of technology and infrastructure, methods of interaction, hardware and software, and their relationship with the design of this kind of environment. In conclusion, we will present a critical approach to complex systems of the near future, to design in a more conscious and coherent way an intelligent, human-sized and sustainable environment to live in.

KEYWORDS

casa intelligente, intelligenza ambientale, tecnologia ubiqua, approcci di design critico, futuri prosperi

smart home, ambient intelligence, ubiquitous technology, critical design approaches, prosperous futures

Matteo O. Ingaramo is an Associate Professor and Director of Master of Science in Design & Engineering at the School of Design of Politecnico di Milano (Italy). He is General Director of POLI.design, the Consortium of Politecnico di Milano for action research and post-graduate teaching, a Member of the Products, Services and Strategies research group and Vice President of the GDIO Global Design Industry Organisation. He focuses his research on design engineering and product integration fields. Mob. +39 347/52.73.941 | E-mail: matteo.ingaramo@polimi.it

Mila Stepanovic, PhD Candidate at Politecnico di Milano (Italy), focuses her research on the theories and practices of critical design, on design for conscious behaviours and on the design of technological artefacts. She is a lecturer at Poli.design, and a Teaching Tutor at the School of Design of Politecnico di Milano and has several international patents. Mob. +39 338/27.65.603 | E-mail: mila.stepanovic@polimi.it

La pandemia Covid-19 ha dimostrato che stiamo vivendo in tempi di incertezza e di complesse e rapide trasformazioni sociali e tecnologiche; stiamo partecipando, intenzionalmente e non, ai «[...] debates and experiments (the current financial crisis is just one of the most recent examples), in which different actors including governments, companies, NGOs, social movements, virtual communities, [...] are engaged, and in which the differentiation between scientific research, institutions and laboratories on the one hand, and societal and political processes on the other hand, are blurring (Nowotny, 2008)» (Grand and Wiedmer, 2010, p. 3). Le tecnologie assumono in questo scenario un ruolo tanto determinante quanto incerto: sempre più ubiquo e autonome, in rapido cambiamento e con potenziale quasi infinito, lasciano aperte diverse questioni per la progettazione dei dispositivi e dei sistemi intelligenti, oggi capaci di elaborare grandi quantità di dati, apprendere dagli utenti e dall'ambiente ed esserne consapevoli, passare da stati attivi a passivi e viceversa.

Occorre poi affrontare questioni di ordine etico e sociale quando si progetta con e per le tecnologie di nuova generazione: che tipo di influenza hanno le tecnologie sugli individui e sulla società riguardo al comportamento umano e al processo decisionale? che tipo di impatto ambientale viene generato a lungo termine? e al mutare della vita quotidiana e del suo contesto quanto mutano o possono mutare prodotti e servizi rispetto al loro assetto performativo e percettivo attuale? la digitalizzazione degli spazi, in particolare dell'ambiente domestico, può essere utile indagata in una visione critica e futuribile, tanto più che la pandemia ha reso centrali sia il modo in cui viviamo l'ambiente della vita quotidiana sia le relazioni con gli attori che lo vivono. L'obiettivo progettuale diventa perciò la gestione delle complessità sociali e individuali al progredire delle tecnologie, aiutando le persone a vivere meglio con l'incertezza e a costruire o configurare ambienti in grado di consentire e sostenere il cambiamento verso una nuova normalità.

Se in passato la casa intelligente era intesa come un sistema connesso per controllare l'ambiente e ottenere il comfort desiderato in uno spazio privato, oggi sta diventando più versatile e personale, 'in' e 'da' remoto, con complessi prodotti-servizi-sistemi in grado di raggiungere un livello avanzato di prestazioni, sia per il lavoro quotidiano che per il tempo libero. Le soluzioni offerte e in fase di sviluppo prevedono sistemi di reti e servizi che fanno parte del costruito, ovvero dispositivi domestici dotati di robusti sensori collegati in reti chiuse e sistemi di 'dispositivi portatili' connessi in reti aperte (assistenti vocali con applicazioni attivi verso gli utenti, dispositivi intelligenti, come ad esempio termostati e sensori della qualità dell'aria attivi verso la qualità ambientale indoor). Tutti hanno un'ambizione comune: aiutare gli utenti nelle loro attività ed esigenze quotidiane, valutare e influire più efficacemente sul loro ambiente, riducendo i rischi di impatto negativo e aumentando la percezione di comfort (Aldrich, 2003).

I più correlano 'grandi' e diversi tipi di dati per fornire ai loro utenti servizi efficaci, ma quando la luce si spegne, quando i dispositivi passano dallo stato attivo a quello passivo vi è ancora

un beneficio? Fino a che punto questi sistemi e dispositivi sono compagni e quando invece diventano avversari od ostacoli nella nostra vita quotidiana? Inoltre mentre le tecnologie digitali e di Intelligenza Artificiale (IA) diventano più performanti e autonome, resta il rischio potenziale di un effetto blasé (Simmel, 1950) e non di reale vantaggio per l'utente se non si mettono in relazione le prestazioni con le esigenze umane. L'ipotesi formulata in questo saggio è che il design sia deputato a esplorare e facilitare una relazione attiva e mutevole tra la persona, i dispositivi e l'ambiente: rendere l'individuo più cosciente e consapevole della tecnologia gli conferisce un maggiore controllo e consente di vivere appieno l'ambiente attraverso interazioni ed esperienze significative.

Un altro piano di osservazione e analisi riguarda la complessità dell'infrastruttura, la rete dei sistemi e servizi e alcune nuove tecnologie che possono aiutarci a raggiungere soluzioni sostenibili; alla formulazione di una visione su questo tema concorrono diverse discipline e campi di studio come la Human-Computer Interaction (HCI), le pratiche e le teorie del Critical Design, la psicologia e la filosofia della tecnologia (Weinberger and Durante, 2020). Il saggio mette in luce l'importanza di adottare una prospettiva universale e contemporanea nella progettazione di ambienti domestici intelligenti, sia teorica sia pratica.

Di seguito si discuterà criticamente una selezione di casi analizzati riguardanti diverse tipologie di sistemi domestici intelligenti, attraverso l'analisi delle tecnologie e delle infrastrutture, delle modalità di interazione, dei rituali e dei canali, dell'hardware e del software, e del loro rapporto con la definizione progettuale degli ambienti. In conclusione, si prospetterà un approccio critico a tali sistemi complessi per progettare in modo più consapevole e coerente gli ambienti domestici intelligenti. Con progettare consapevolmente, si intende l'adozione di un pensiero critico visto come capacità di un designer di analizzare la società, gli individui e le tecnologie su diversi livelli: anticipare le possibili implicazioni etiche e sociali e considerare gli obiettivi di sviluppo sostenibile per costruire condizioni più prospere e resilienti, esplorando i livelli micro e macro. L'ipotesi per il futuro è che i principi e i metodi provenienti dal design critico e speculativo possano essere implementati per progettare case intelligenti corrispondenti a realtà plausibili per il prossimo futuro.

Il background teorico | Il saggio trae spunto da osservazioni sulle incertezze causate da pandemie, crisi economiche, cambiamenti climatici, ecc. ma tiene in considerazione anche fenomeni come la trasformazione tecnologica e la transizione digitale non necessariamente avversi ma difficili da assimilare nella società e negli individui per dimensione o per distanza culturale dalla maggior parte di essi. E se le società stesse sono in continuo cambiamento e trasformazione per reazione a questi fenomeni, emerge la necessità di un adattamento rapido per garantire condizioni di prosperità anziché di semplice sopravvivenza: la crisi pandemica ci ha mostrato come Istituzioni e individui debbano prepararsi al meglio per eventi futuri. Il design come disciplina, nella ricerca e nella prassi, può affrontare il cambiamento con i suoi strumenti di sintesi della com-

plexità e con forse ancora maggior efficacia nell'ambiente domestico, dove le sensibilità del progettista ad aspetti culturali e d'uso quotidiano sono più marcate.

La maggior parte del tempo privato e personale si trascorre nelle case e vi è un'evidente propensione a un loro continuo adattamento a nuove esigenze che nel new normal si rivelano ancora più consistenti; negli ultimi anni abbiamo assistito a uno sviluppo pervasivo di diversi dispositivi domestici che rendono la casa più intelligente e offrono maggiore comfort agli utenti. Sfortunatamente però, come spiega Intille (2002, p. 80), «[...] homes today are ill-suited to exploiting the pervasive computing applications being developed in laboratories. Most homes do not easily accommodate even the simplest new technologies, let alone embedded sensor infrastructures and ubiquitous display technologies». Così a una osservazione attenta si nota come queste tecnologie e dispositivi a volte risultino più frustranti che confortevoli e rilassanti; nel rapporto con le tecnologie il design può offrire soluzioni human-centred e può coinvolgere il contesto in evoluzione per completare il quadro dell'esperienza di vita domestica di domani.

L'accelerazione indotta dalla pandemia a una massiccia adozione di tecnologie e strumenti digitali ha impedito di generare una visione accurata e sistematica da cui derivare i riferimenti per una visione progettuale di medio o lungo termine e ha imposto come urgenza metodologica una progettazione più efficace per l'ambiente costruito. Quale progettazione sarà più efficace per l'ambiente domestico? Come la digitalizzazione degli spazi potrebbe migliorare la qualità della vita e prepararci ai forti cambiamenti che si prospettano? L'ipotesi è che potremmo avvicinare il design delle case intelligenti con una visione anticipatoria e capace di indagare le possibili implicazioni sociali ed etiche, culturali e comportamentali. Le narrazioni critiche, tipicamente utilizzate nelle pratiche di Critical Design, possono coinvolgere «[...] not only designers and developers, but also the wider public in a debate about the implication of future technologies» (Schulte, Marshall and Cox, 2016, p. 1); inoltre il Critical Design ha il potenziale «[...] to raise awareness of its capability to engage designers in a different kind of thinking that delivers more conscious design products» (Jakobsone, 2017, p. S4253). Gli approcci di questa pratica del design (design speculativo, design fiction) usano la narrazione e la prototipazione per esplorare le alternative al presente, anticipare o ispirare lo sviluppo scientifico e tecnologico (Dunne and Raby, 2013; Ilstedt and Wangel, 2014) con lo scopo di comunicare «[...] possibility through the stories it evokes and the conversations it starts» (Bleeker, 2010, p. 61).

Il metodo di questa trattazione si basa su ricerca teorica e ricerca-azione, indagando la letteratura da diverse prospettive consolidate ed emergenti: dapprima si è analizzato il concetto di casa intelligente attraverso la lente dell'HCI (Ubiquitous Computing e IoT; Nikou, 2019) notando che i ricercatori HCI si sono concentrati soprattutto sull'interazione tra la tecnologia e l'uomo nel contesto smart home come l'usabilità, la facilità d'uso e i compromessi tra privacy e consapevolezza per gli individui, senza dare mol-

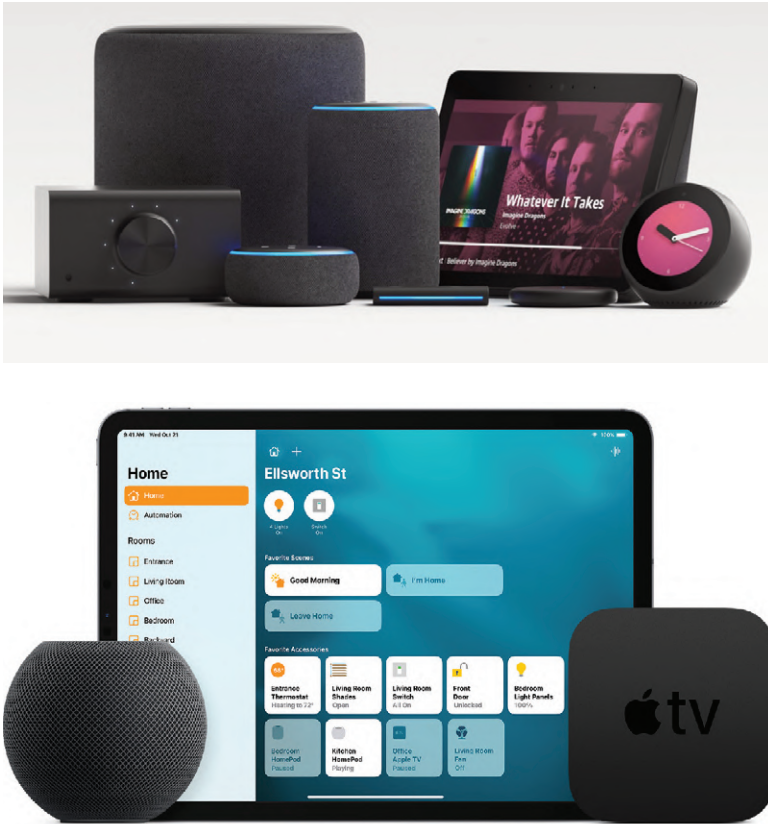


Fig. 1 | Amazon Alexa devices (source: sinceindependence.com, 2019).

Fig. 2 | Google Home devices (source: silvertch812.com, 2021).

Fig. 3 | Apple Home Kit devices (source: support.apple.com, 2021).

ta attenzione agli aspetti domestici, come i ruoli, il significato della casa o i legami emotivi che con essa si creano (Saizmaa and Kim, 2008). Il design critico sta ottenendo un interesse crescente nella ricerca e nella pratica dell'HCI (Elsden et alii, 2017; Pierce et alii, 2015). Elsden et alii (2017, p. 5386) spiegano che: «[...] HCI as a broadly pragmatic, experience-centered, and participant-focused field is well placed to innovate methods that invite first-hand interaction and experience with speculative design projects».

Considerata questa tendenza il saggio mira ad aprire una discussione sui nuovi approcci alternativi e sperimentali per la progettazione della casa intelligente, considerando il ruolo crescente della user experience nell'accettazione e nell'apprezzamento delle soluzioni digitali e integrando prassi di scenario e previsione di strumenti progettuali orientati a individuare oggi soluzioni spesso blasé o ridondanti.

Stato dell'arte | Per definire un quadro di analisi completo occorre identificare e qualificare in sintesi le soluzioni esistenti dedicate alla smart home, considerando diverse tecnologie, infrastrutture e modalità di interazione. Al contempo e come premessa di metodo è utile sottolineare che questo lavoro ha come scopo quello di fornire un panorama delle soluzioni emergenti piuttosto che svilupparne una tassonomia. Nel testo che segue si stabiliscono i parametri utilizzati per analizzare e descrivere lo stato delle soluzioni: attraverso le infrastrutture attuali, la tipologia di tecnologie integrate nei singoli dispositivi di cui è composto l'intero sistema, le diverse applicazioni e scopi del sistema e le modalità di interazione.

Tra i sistemi e i dispositivi smart home esistenti i più noti sono i sistemi domestici automatizzati, noti come domotici; il sistema di disposi-

tivi connessi monitora e attiva diverse funzioni domestiche come l'illuminazione, i comandi, la programmazione di diversi elettrodomestici alimentati in rete, il controllo della temperatura (aria condizionata o riscaldamento), i dispositivi di intrattenimento e altri. La casa intelligente può essere descritta come: «[...] equipped with smart objects, a home network make it possible to transport information between objects and a residential gateway to connect the smart home to the outside Internet world. Smart objects make it possible to interact with inhabitants or to observe them» (Ricquebourg et alii, 2006, p. 23).

L'infrastruttura tipica per questa tipologia di casa intelligente consiste in un dispositivo o un insieme di dispositivi che utilizzano diverse tecnologie a seconda della loro funzione, collegati a un cosiddetto gateway, l'hub centrale. Il concetto di smart home come sistema cablato complesso sta passando negli ultimi anni dalla domotica tradizionale ai sistemi e dispositivi IoT (Marikyan, Papagiannidis and Alamanos, 2019). Per separare basicamente queste due tipologie possiamo dire che quando la domotica si affida alla connessione internet si inizia a parlare di IoT (Mussab et alii, 2017). Ci sono due tipi di infrastrutture e protocolli di comunicazione: uno richiede una connessione cablata ed elettricità, e l'altro è wireless, ovvero richiede una connessione wi-fi, bluetooth, infrarossi o onde radio; esistono poi alcune soluzioni ibride sul mercato che sfruttano l'ethernet (Ricquebourg et alii, 2006).

Più recentemente si sono affermate piattaforme smart home come l'assistente Google Home, Amazon Alexa, Apple Home Kit (Figg. 1-3): queste sono, in alcuni casi, soluzioni stand-alone, in altri casi sono fatte per aderire a uno dei due protocolli di comunicazione che abbiamo menzionato in precedenza. L'automazione della casa si sta evolvendo sempre più verso sistemi

senza fili, in parte o interamente, con una capacità accresciuta di interazione con l'utente; appare perciò interessante notare come le tecnologie ci permettano di andare oltre l'automazione e verso soluzioni più esperienziali (Hoffman and Novak, 2015; Koskela and Väänänen-Vainio-Mattila, 2004) tanto da modificare la definizione di 'smart home' in 'smart living'. Oggi i dispositivi sono interconnessi in un sistema e possono essere controllati da diverse unità e interfacce come terminali a muro, smartphone e tablet, persino PC non necessariamente presenti all'interno dello spazio: essi ci rilanciano verso la sfida di una flessibilità in termini di spazio-tempo e permettono all'utente di controllare la casa da ogni luogo e in ogni momento. Più in generale questi sistemi smart sono costituiti da una rete di sensori e unità di trasmissione dei dati incorporati nei dispositivi che usiamo quotidianamente; possono essere composti da diversi dispositivi che operano diverse funzioni, ma possono anche concentrarsi su compiti specifici, come ad esempio il controllo dell'energia.

Tali sistemi possono essere distinti in base all'applicazione e allo scopo del sistema. Le applicazioni principali all'interno dell'ambiente domestico possono essere sintetizzate nel modo seguente: 1) Comfort e intrattenimento, 2) Soluzioni ambientali, 3) Salute e benessere, 4) Sicurezza, classificazione questa che deriva dalla letteratura e dall'osservazione di diversi casi di studio. In specifico le pubblicazioni di Ricquebourg et alii (2006) e Hamernik, Tanuska and Mudroncik (2012) offrono una visione molto esaustiva di questi sistemi che può essere considerata come base teorica in questo saggio; le applicazioni sono spesso combinate all'interno del sistema ma distinte per produttore e brand, provenienti da diverse culture produttive e di mercato riferibili all'era predigitale. Ma, a parte quan-

do si tratta di tecnologia assistiva dedicata alla salute e alle disabilità, le quattro categorie sembrano non essere correlate all'utente che percepisce e assimila l'ambiente domestico come unico e privo di forti differenziazioni funzionali e di accesso come parrebbe ovvio.

Procedendo per ordine, nell'ambito dell'intrattenimento e del comfort possiamo invece trovare soluzioni che cercano di facilitare l'utente in alcune attività quotidiane, fornendo più semplicità di fruizione e adattandosi alle sue esigenze spesso in modo autonomo. I sistemi all'interno di questa categoria possono includere elettrodomestici intelligenti (cucina, lavanderia, pulizia, ecc.), altoparlanti intelligenti, lampadine intelligenti, prese intelligenti, ecc. Alcuni esempi in questa categoria sono Samsung Family Hub, LG ThinQ, Philips Hue, Roomba, ecc. (Figg. 4-7) Per quanto riguarda le soluzioni sostenibili e di autogenerazione energetica possiamo individuare tipologie di prodotti molto diverse per dimensioni e infrastrutture.

Citiamo qui ad esempio i sistemi intelligenti basati sull'integrazione di celle fotovoltaiche in grado di trasformare l'energia, con un sistema integrato di distribuzione e gestione, come il Fusion Solar di Huawei (Fig. 8). Conosciuti con l'acronimo HEMS – Home Energy Management Systems (Zhou et alii, 2016), i sistemi di questo tipo adottano pannelli solari fotovoltaici e un sistema di immagazzinamento e distribuzione del-

l'energia domestica capace di coinvolgere gli elettrodomestici, di svolgere funzioni di monitoraggio, controllo, gestione o allerta in caso di anomalie. Le tecnologie adottate per la comunicazione sono tipicamente senza fili, come Bluetooth, ZigBee e BACnet; spesso vengono adottate l'intelligenza artificiale e applicazioni Android o IOS per comunicare con gli utenti e coinvolgerli nella gestione, ovvero per aumentare la percezione delle prestazioni in caso di integrazione con contatori intelligenti (per processare il rapporto tra energia prodotta e consumata o per supportare la comunicazione e transfer di dati).

I dispositivi IoT invece sono soluzioni snelle ed economicamente accessibili, spesso integrate nei servizi dei provider che possono aiutare a gestire efficacemente il consumo di energia, di acqua o di gas, e attivare autonomamente modalità di risparmio. Si tratta di sistemi digitali attivi alternativi ad hardware che, a parità di prestazioni, risulterebbero assai più complessi ed onerosi. Citiamo Nest e Netatmo (Figg. 9, 10), realizzati in piena compatibilità con i sistemi HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning (Han and Lim, 2010). L'hardware di questi dispositivi è semplice (dotato nella maggior parte dei casi solo di una PCB e di un display) mentre la complessità si riscontra nel software di gestione dei sistemi HVAC che sfrutta piattaforme esistenti come Google o altre. Spesso, come nel caso di Netatmo, impiegano il protocollo ZigBee (utile per

la comunicazione 'machine2machine') e integrano le funzioni di ulteriori smart device come ad esempio le valvole dei radiatori o la rete elettrica domestica. La stessa tecnologia, sempre più diffusa negli oggetti smart, viene usata per i casi già citati di Amazon Echo, Google Alexa, ecc.

Per quanto riguarda la salute e il benessere, come detto in precedenza, si tratta di una categoria specifica: si va dall'assistenza per il dosaggio dei farmaci a tipologie più specifiche di ambienti che assistono utenti affetti da una specifica patologia o disabilità (cecità, sordità, difficoltà di movimento, ecc.). Per quanto riguarda i sistemi di sicurezza è vasta e differenziata l'offerta di sistemi intelligenti dedicati a soluzioni che vanno dall'antifurto al monitoraggio di neonati e bambini. Alcuni esempi in questa categoria sono Wyze, Ring Alarm, Nanit e altri (Figg. 11-13) tutti dispositivi e servizi che si interconnettono o operano individualmente, sfruttando diverse tecnologie. La maggior parte di essi utilizza sensori e intelligenza artificiale e machine learning (Guo et alii, 2019) influenzando, a seconda della dotazione, anche le modalità di interazione e la prossemica uomo-oggetto e uomo-ambiente, nel cui campo i sensori di ultima generazione come MEMS (Micro Electro Mechanical System) hanno varie applicazioni: dalla raccolta di energia alle piattaforme inerziali, ai sensori per l'umidità e temperatura, dagli interruttori ottici ai biosensori (Chan et alii, 2008; Rasmussen and Zaghloul,



Fig. 4 | Samsung Family Hub (source: nishio80 80.net, 2019).

Fig. 5 | LG ThinQ (source: lg.com, 2021).

1998). Restano infine molto diffuse alcune modalità d'interazione rappresentate dalle interfacce sugli schermi, il comando vocale, l'interazione tramite un comando remoto e, in alcuni casi molto più avanzati, l'interazione gestuale (Kühnel et alii, 2011).

Nuove frontiere per il design dei sistemi, servizi e prodotti per le case intelligenti | Dato il quadro sintetico dello stato dell'arte delle diverse soluzioni, di seguito ne osserveremo, attraverso alcuni casi di studio, le nuove evoluzioni o innovazioni che appaiono futuribili e alla portata delle tecnologie attuali con lo sguardo a un ruolo più centrale dell'utente e della sua esperienza. Dagli esempi precedenti, abbiamo potuto notare che le esigenze e le sfide attuali in questo campo riguardano principalmente il comfort oggettivo dell'individuo, le soluzioni sostenibili, la salute e il benessere, così come la sicurezza. Tuttavia, in tempi di incertezza, le nostre esigenze stanno cambiando rapidamente e c'è la necessità di fornire soluzioni più percettive ed esperienziali di casa intelligente in grado di evolvere e adattarsi a questi cambiamenti.

Se procediamo all'elaborazione di una visione appare evidente quanto l'evoluzione degli ambienti serviti dalle tecnologie si concentrerà più sul miglioramento della vita degli utenti che sull'aumento delle performance funzionali, la dove tali funzioni sono in forte mutamento così come le esigenze che le richiedono. La maggior parte delle soluzioni si basano su monitoraggio e interazione attraverso l'unità primaria del sistema di dispositivi collegati: informazioni, comando ed esibizione della tecnologia dominano, così come ridondanza di prestazioni disponibili e dispersione di valore. Lo scenario tuttavia cambierà e si renderà più complesso con l'uso della rete chiusa o aperta e la IA che si evolve costantemente nelle sue capacità di prevedere gli eventi e i bisogni, di apprendere dalle interazioni e operare in modo indipendente.

I casi che seguono sono design fiction e proposte speculative che visualizzano e prototipano come potrebbe essere sviluppato un futuro che raccolga il potenziale delle tecnologie esistenti ed in definizione; con essi si esplora lo stile di vita nel prossimo futuro, evidenziando alcune alternative alla realtà in cui stiamo vivendo, cercando di immaginare come si evolveranno le tecnologie, quali saranno i bisogni e i desideri degli utenti, quali saranno le sfide per i designer in questo senso. Ognuno di questi esempi fissa concettualmente nuove soluzioni, nuove tecnologie, nuovi modi di stabilire il dialogo con lo spazio di vita quotidiana.

Duet sviluppato al MIT è una soluzione che indaga su come potrebbe evolversi la casa intelligente personalizzata e automatizzata. Il sistema identifica automaticamente le persone che si muovono in casa, segue l'utente mentre passa di stanza in stanza; Duet localizza le persone misurando i riflessi dei segnali wireless dai loro corpi e le identifica registrando i segnali dei dispositivi mobili posti nelle vicinanze e integrandoli con una mappatura della pavimentazione. Le tecnologie per la domotica oggi in uso invece localizzano e identificano le persone grazie ai segnali emessi dai dispositivi che hanno con loro, in tasca o in borsa. Ma il team di ricerca si è reso con-

to che la maggior parte delle persone lascia i dispositivi sui mobili di casa impedendo il tracking. Il sistema, ad esempio, adatta la temperatura, accende il canale preferito e così via. Per i ricercatori del MIT questo tipo di soluzione potrebbe essere molto utile per la salute e il benessere e oggi, a valle dei lock down che hanno reso la casa nuovamente il centro della vita quotidiana, sembrano aver colto nel segno. Il sistema è stato sperimentato per due settimane in un appartamento abitato da quattro persone e in un ufficio con nove addetti, dimostrando di poter identificare e tracciare gli abitanti con una precisione del 96%. Duet potrebbe essere usato perfino come allarme, per riconoscere dai segnali e dalle informazioni del corpo eventuali intrusi ovvero per evitare inopportuni accessi a zone private della casa.

Un altro esempio della casa intelligente del prossimo futuro è il progetto Mitigation of Shock, l'esperimento condotto dallo studio Superflux su come gli esseri umani vivranno l'esperienza del cambiamento climatico in tempi di assenza di food security e scarsità di risorse. Superflux considera la complessità di questo scenario un hyperobject (Morton, 2013), si tratta dell'installazione di un appartamento radicalmente adattato per vivere con le conseguenze del cambiamento climatico, come l'incertezza dell'approvvigionamento alimentare all'interrompersi delle supply chain e a causa della sovrappopolazione. Questa soluzione non mira alla sopravvivenza, ma piuttosto a un nuovo potenziale di prosperità al mutare delle condizioni di contesto. La simulazione sperimentale è ambientata a Londra nel 2050 e trasforma un appartamento tipo in uno spazio per coltivare e produrre cibo; il sistema è dotato di computer dedicati che monitorano l'ambiente e governano una produzione alimentare autonoma.

Alcuni anni fa IKEA ha presentato il concetto per il futuro della cucina, immaginando come i comportamenti umani modelleranno il design della cucina del futuro. Questo concept è stato pensato per il 2025, immaginando la cucina come un centro di energia, attività e comfort e prendendo in considerazione che nelle aree urbane gli spazi si stanno riducendo costantemente e che con gli anni, ci saranno meno risorse, rendendo il cibo più costoso. La tecnologia è incorporata in ogni parte della casa ma non automatizza le scelte personali e facilita la consapevolezza mediante stimoli ai processi decisionali. Aiuta l'utente a gestire il cibo nella sua casa e la sua dieta, ma è anche un sistema di risparmio energetico che mantiene il cibo alla temperatura giusta. Gli artefatti inclusi in questo sistema sono il tavolo da vivere, il lavandino, lo smaltimento intelligente. La soluzione è dinamica e utilizza interfacce proiettate e animate.

Oggi invece alla Design Week 2021 la Casa del Futuro IKEA presentata a BASE Milano è pensata all'insegna della sostenibilità e della personalizzazione introducendo una impresa digitale dentro casa, basata sull'additive manufacturing, per produrre elementi 'home made' con cui personalizzare ulteriormente l'ambiente o apportare autonomamente modifiche al contesto e allo stile di vita. Progetti open source e design in rete appaiono come scenario di riferimento di questa 'speculazione': interessante è stato ana-

lizzare le due visioni e capire come si evolvano la visione critica del futuro della casa intelligente, lo sviluppo tecnologico e le questioni sociali.

Un altro concetto dirompente all'interno di questo ambito è il concetto di casa bio-autonoma di Philips sviluppata per un futuro libero dal dominio del digitale: in questo caso si tratta di una tecnologia completamente naturale e nuova basata sull'attività microbica che fornisce soluzioni per l'energia, la pulizia, l'illuminazione e la dismissione dei rifiuti. Si tratta di una sinergia di processi biologici fatti a sistema domestico che consuma meno energia e non inquina; si compone di diversi artefatti tra cui l'isola bio-digestore, la dispensa a refrigerazione evaporativa, l'alveare urbano, la bio-illuminazione, l'up-cycler di rifiuti plastici. Questo progetto, come la maggior parte dei progetti speculativi, non ha l'ambizione di diventare un prodotto reale; lo scopo è piuttosto quello di stimolare la discussione su come potrebbe essere il futuro delle nostre case e cosa succederebbe se cambiassimo le tecnologie elettromeccaniche e digitali con quelle biologiche.

In sintesi, il Duet del MIT riguarda il completo adattamento dell'ambiente domestico alla persona, la Mitigation of Shock si occupa di adattare lo spazio personale e quotidiano alle nuove sfide del mondo come le crisi climatiche e l'incertezza alimentare mentre il Concept Kitchen 2025 (sviluppato da IDEO per IKEA) e La Casa del Futuro 2021 per BASE Milano, suggeriscono prima che la cucina diventerà uno spazio centrale della casa e assisterà il suo utente quotidianamente attraverso l'impegno e il dialogo, poiché questo ambiente diventerà autonomo e personale tanto da auto-aggiornarsi. Infine, la Microbial kitchen di Philips ipotizza un modo completamente nuovo di pensare l'ambiente domestico e ciò che significa essere intelligenti e indipendenti in termini di tecnologie.

Visioni radicalmente differenti e talvolta in contrapposizione, ma futuribili e tecnicamente plausibili. Forniscono scenari evolutivi in cui il significato della casa intelligente si sposta dal puro comfort a fornire strumenti agli utenti per vivere in tempi di incertezza e diventare parte attiva nel miglioramento dello stile di vita e del benessere (Fig. 14). In essi si riconoscono gli elementi per stabilire un nuovo rapporto tra l'utente e l'oggetto e l'utente e l'ambiente, una relazione di certo coerente con la disciplina del Design nelle sue declinazioni dell'abitare, del prodotto e dei servizi.

Discussione | Il saggio indaga su possibili nuove frontiere per la progettazione di ambienti domestici intelligenti in relazione ai problemi della società contemporanea, esplorando nuovi approcci e metodi che possano permettere ai progettisti di adottare prospettive plurime, al di là degli schemi esistenti. La trattazione offre una prospettiva di tipo sperimentale basata su fondamenti di Critical Design (Solaimani, Bouwman and Secomandi, 2013) alla ricerca di una via che vada oltre l'efficacia funzionale e verso un comfort percepito. Tuttavia, le applicazioni in ambito domestico che esprimono queste tecnologie sono ancora rare se non riferite ai colossi dei servizi on-line. I casi identificati portano in evidenza come la vita domestica e le funzionalità dell'ambiente costruito siano integrabili e che la loro in-



Fig. 6 | Philips Hue (source: computerbild.de, 2020).

Fig. 7 | Roomba (source: bazaar.hr, 2021).

Fig. 8 | Fusion Solar Huawei (source: e.huawei.com, 2021).

tegrazione possa essere utilmente progettata con un approccio capace di anticipare la vita futura e stimolare l'adattamento alle costanti e prossime trasformazioni. Una capacità di visione come questa mette a disposizione dei progettisti di ambienti e di tecnologie connesse una prospettiva che soddisfa esigenze 'umane' riferite al contesto sociale e storico, ma non di meno alla forte evoluzione dei modelli di business che influenzano l'erogazione di prodotti e servizi per la vita quotidiana.

Nel corso di questo saggio, si sono messi in evidenza i fattori per cui dovremmo ripensare il modo in cui progettiamo gli ambienti domestici intelligenti e come potremmo approcciarli in modo diverso. Qui non si propone una mappatura completa, ma esemplificativa dell'ambiente domestico intelligente, fornendo una panoramica degli scenari attuali, comprese le tecnologie, le infrastrutture e le diverse modalità di interazione con cui l'utente comunica con l'ambiente. Sono state esemplificate diverse applicazioni di tecnologie e servizi connessi e interagenti, tra cui la domotica integrata a specifici dispositivi IoT after-market, dedicati a supportare la vita quotidiana (ambiente automatizzato ed elettrodomestici, elettrodomestici connessi, comfort abitativo e entertainment, prodotti e servizi per la casa intelligente con uno scopo dedicato o specifico fino all'assistenza alla persona).

Partendo dall'osservazione delle soluzioni esi-

stenti e confrontandole con il contesto in cui viviamo e la sua evoluzione costante (oggi quasi radicale) si è potuto formulare l'ipotesi di introdurre analisi intangibili e di scenario per costruire una mappa delle funzioni dei sistemi connessi e intelligenti del prossimo futuro. L'ambiente domestico intelligente può cambiare, ovvero adattarsi giorno per giorno, in base alle esigenze della società che cambia, del mutamento climatico, delle situazioni politiche o economiche attraverso una relazione tra big data, interazione e autoapprendimento e controllo dei device. Ovvero l'utente può usare l'ambiente come un device, capace di veicolare le sue esigenze, di monitorare il benessere, di eseguire approvvigionamenti alimentari o processare gli alimenti, di compiere acquisti e gestire le scorte di ogni tipo di bene senza automatismi ma con sintonia e sincronia rispetto all'utente e ai suoi bisogni oggettivi o soggettivi.

Le questioni che il Design come disciplina dovrà allora affrontare potrebbero essere: quale sarà il significato della casa intelligente in futuro rispetto ai nuovi bisogni e desideri degli utenti? sarà più influente il progetto dell'ambiente fisico o quello dell'ambiente digitale di nuova generazione? quanta influenza avrà tale gerarchia progettuale sulla configurazione degli spazi? e quanta ne avrà sulla piena espressione del potenziale tecnologico? quali competenze dovranno essere messe in gioco per generare una proposta di

ambiente integrato ed efficiente, personale e godibile? I segnali derivanti dalle recenti affermazioni di tecnologie o dalle sperimentazioni citate indicano l'esigenza di una visione critica a monte della fase di progettazione, da eseguirsi con anticipo per consentire di elaborare una strategia progettuale, di conferirle una dotazione tecnologica adeguata e una storia da raccontare all'utente finale.

Conclusioni e sviluppi futuri | Nel corso del saggio sono state riportate le soluzioni attuali per la casa intelligente e alcune visioni future proposte da designer e ricercatori. Lo stato dell'arte delle soluzioni esemplificate ci mostra le possibilità tecnologiche del momento e come vediamo le attuali sfide quotidiane. L'analisi delle proposte speculative e orientate al futuro mostra invece come immaginiamo la casa del futuro in base alle previsioni e agli scenari: alcune sfide attuali come l'emergenza climatica o la home food science determinata dalla scarsità crescente di risorse del pianeta.

Rispetto alle nuove frontiere e all'importanza di integrare questi nuovi approcci nella progettazione di soluzioni di smart home, inclusi prodotti e servizi, gli autori si riferiscono a metodologie di critical design e a prospettive più 'pluriversali' (Escobar, 2018) nella progettazione di sistemi di sistemi domestici connessi e intelligenti. Il design critico usa narrazioni e materializzazioni per



Fig. 9 | Nest (source: karotrading.in).



Fig. 10 | Netatmo (source: elektro.tzb-info.cz, 2021).

immaginare e dimostrare l'esistenza di realtà alternative, mondi futuri, con lo scopo di farci riflettere sulle tecnologie e lo sviluppo scientifico. Questi artefatti sono in qualche modo definibili come 'politici': non si limitano alle proprietà materiali e funzionali degli artefatti, ma esplorano i possibili i contesti sociali e culturali che reagiscono alla antropizzazione del mondo con i suoi progressi tecnologici e i mutamenti naturali.

Ci sono molti ambiti del progetto che possono essere esplorati usando i principi del design critico; in questa sede si è potuto osservare come per la smart home le molte tendenze attuali siano connotate dal monitoraggio pervasivo dell'utente e dell'ambiente. Inoltre, i sistemi di smart home stanno diventando sempre più indipendenti grazie all'integrazione di IA, in grado di anticipare i nostri desideri, come adattare la temperatura della casa prima del nostro arrivo, elaborando e accumulando una grande quantità di dati di cui non siamo consapevoli la maggior parte del tempo. Søndergaard e Hansen (2018), nei loro studi sull'assistenza vocale intelligente, evidenziano la capacità di questi dispositivi di persuadere gli utenti partendo dai dati che raccolgono durante la giornata: se ne deduce che questi dispositivi non sono solo artefatti tecnologici che mirano a supportare le attività quotidiane, quanto piuttosto artefatti politici che influenzano lo scenario. Lo stesso studio evidenzia anche la differenza tra i diversi produttori e come i dati siano elaborati secondo i valori della società in cui si colloca il prodotto (persuadere verso preferenze politiche, decisioni morali, ecc.).

Si potrebbe quindi concludere che gli artefatti tecnologici non sono neutrali (Feenberg, 2005; Ihde, 1997). E si potrebbe pensare che gli ambienti costruiti debbano diventare 'compatibili' con una life policy anziché di una life style. Più le nostre case diventano indipendenti, più funzionano e possono essere considerate delle macchine da calcolo: grazie a internet la questione del design della casa connessa passa attraverso il rischio di minacce cyber-fisiche (Heartfield et alii, 2018). Oltre ai rischi della gestione della rete e della raccolta dati, un altro aspetto che può essere esplorato per la progettazione delle future case intelligenti è la sfida ambientale, vista da due prospettive: la prima riguarda le tecnologie e i sistemi stessi, e la seconda riguarda l'adattamento dell'uomo all'ambiente attraverso soluzioni tecnologiche (come abbiamo potuto vedere nell'esempio di Mitigation of Shock). Il primo con-

cetto considera l'ottimizzazione del sistema di casa intelligente attraverso l'infrastruttura e i componenti, il secondo riguarda la capacità della casa intelligente di adattarsi al contesto e alle sue incertezze.

Infatti, ciò che gli autori vedono come una sfida e una prospettiva futura è quella di creare sistemi in grado di stabilire l'interazione con l'utente in modo significativo e non intrusivo e allo stesso tempo stimolare il dialogo tra l'utente e l'ambiente. Questa comunicazione reciproca potrebbe aiutare gli utenti a capire meglio le tecnologie e la casa intelligente stessa, andare oltre il comfort come concetto di lusso e muoversi verso il concetto di benessere fisico e mentale. Raggiungere una maggiore consapevolezza sia da parte del sistema che dell'utente dovrebbe essere la sfida progettuale per il futuro; è auspicabile quindi l'individuazione di nuovi ambiti di ricerca sperimentale per la progettazione mettendo il problem-finding al posto del problem-solving e sfruttando gli approcci e i principi del design critico, come le narrazioni e la prototipazione.

The Covid-19 pandemic has shown that we are living in uncertain times with complex and quick social and technological transformations. We are, intentionally and unintentionally, participating to «[...] debates and experiments (the current financial crisis is just one of the most recent examples), in which different actors including governments, companies, NGOs, social movements, virtual communities, [...] are engaged, and in which the differentiation between scientific research, institutions and laboratories, on the one hand, and societal and political processes, on the other hand, are blurring (Nowotny, 2008)» (Grand and Wiedmer, 2010, p. 3). In this context, technologies take on a fundamental yet uncertain role: increasingly ubiquitous and autonomous, quickly changing and with an almost infinite potential, leaving many issues pending on the design of intelligent devices and systems, today capable of processing large amounts of data, learning from users and the environment and being aware of them, passing from active to passive states and vice versa.

When planning for and with new generation technologies, ethical and social issues should be faced. What kind of influence do technolo-

gies have on citizens and society about human behaviour and the decision-making process? What kind of environmental impact emerges in the long run? When the daily life and its context change, how much do products and services change – or can change – with respect to their current performative and perceptive structure? The digitised spaces, in particular the home environment, can be purposely studied only in a critical and future vision. Especially since the pandemic has put the spotlight on the way we live daily in our environment and the links with the actors living in it. The objective of design becomes to manage social and individual difficulties as technologies improve, helping people to live better with uncertainty and to build or design environments capable of enabling and supporting the shift towards a new normal.

In the past, the smart house was considered as a connected system useful to control the environment and obtain the desired comfort in a private space. Today, it is becoming more versatile and personal, 'in' and 'from' remote, with complex products-services-systems capable of reaching an advanced level of performance, both for daily work and for leisure time. The solutions provided and in development envisage network and service systems that are part of the built environment, or domestic devices equipped with robust sensors connected in closed networks and systems of 'portable devices' connected in open networks (voice assistants with applications responding to users, smart devices, such as thermostats and air quality sensors active for indoor environmental quality). They all have the same ambition: help users in their daily activities and needs, evaluate and affect their environment more effectively, reducing the risks of a negative impact and increasing the feeling of comfort (Aldrich, 2003).

Many people link 'big' and different types of data to provide their users with effective services, but when the light goes off, when the devices switch from active to passive state, is there still a benefit? To what extent are these systems and devices companions and when do they become adversaries or obstacles in our daily life? Moreover, while digital technologies and Artificial Intelligence (AI) become more performing and autonomous, there still is the potential risk of experiencing a blasé effect (Simmel, 1950) without having a real advantage for the user if the performance is not connected to human needs. The hypothesis of this essay is that design is responsible for

exploring and facilitating an active and changing bond between the person, the devices and the environment. Making people more conscious and aware of technology gives them greater control and allows them to fully enjoy the environment through meaningful interactions and experiences.

Another observation and analysis plan concerns the complexity of the infrastructure, the systems and services network and how some new technologies can help us achieve sustainable solutions. Different disciplines and study fields contribute to the creation of a vision on this subject, such as Human-Computer Interaction (HCI), practices and theories of Critical Design, psychology and technology philosophy (Weinberger and Durante, 2020). The essay highlights the importance of using a universal and contemporary perspective while designing smart domestic environment, both theoretical and practical.

Below we will critically discuss a selection of cases concerning different types of smart home systems, through the analysis of technologies and infrastructures, methods of interaction, rituals and channels, hardware and software, and their relation with the design definition of the environments. In conclusion, a critical approach to such complex systems will be envisaged to design smart home environments in a more conscious and coherent way. Consciously designing means to use critical thinking, seen as the ability of a designer to analyse society, individuals and technologies on different levels, anticipate possible ethical and social implications, and consider sustainable development goals to build more prosperous and resilient conditions, by exploring the micro and macro levels. The idea for the future is that the principles and methods coming from critical and speculative design could be implemented to design smart houses corresponding to realities for the near future.

Theoretical background | The essay draws inspiration from observing the uncertainty caused by pandemics, economic crises, climate change, etc. But it also takes into consideration phenomena such as technological transformation and digital transition, that are not necessarily hostile, but difficult to assimilate for society and citizens due to their size or cultural distance from most of them. If society is continuously changing in reaction to these phenomena, the need to

quickly adapt emerges, to guarantee prosperous life conditions and not merely survival. The pandemic crisis has shown that Institutions and citizens should be better prepared for future events. The design as discipline, in research and practice, can face the change with its tools to simplify complexity and perhaps with even greater effectiveness in the home, where the designer's sensitivity to cultural and everyday use aspects are clearer.

Most part of our leisure time is spent in the house and there is a sharp preference to continuously adapt it to new needs that are even more significant in the new normal. Over the last years, we have seen a pervasive development of different domestic devices, making the house smarter and providing the users with more comforts. Unfortunately, as explained by Intille (2002, p. 80), «[...] homes today are ill-suited to exploiting the pervasive computing applications being developed in laboratories. Most homes do not easily accommodate even the simplest new technologies, let alone embedded sensor infrastructures and ubiquitous display technologies». After a careful observation, it is clear that these technologies and devices are sometimes more frustrating than comfortable and relaxing. Connected with technology, design can offer human-centred solutions and can involve the evolving context to fill in the blanks of the future domestic life experience.

The acceleration induced by the pandemic in the massive use of technologies and digital tools has prevented the creation of an accurate and systematic vision for extracting the references for a medium or long-term design vision. After this experience, a methodological urgency has developed. What design will be more effective for the domestic environment? How can space digitisation improve the quality of life and prepare us to the great changes ahead? The hypothesis is that we could study the design of smart homes with an anticipatory vision, capable of investigating the possible social and cultural, ethical and behavioural implications. Critical narrations, typically used in Critical Design practices, can involve «[...] not only designers and developers, but also the wider public in a debate about the implication of future technologies» (Schulte, Marshall and Cox, 2016, p. 1). Moreover, Critical Design has the potential «[...] to

raise awareness of its capability to engage designers in a different kind of thinking that delivers more conscious design products» (Jakobsone, 2017, p. S4253). The approaches of this design practice (speculative design, design fiction) use narration and prototyping to explore the alternatives to the current situation, anticipate or inspire the scientific and technological development (Dunne and Raby, 2013; Ilstedt and Wangel, 2014). Its purpose is to communicate the «[...] possibility through the stories it evokes and the conversations it starts» (Bleecker, 2010, p. 61).

The method of this dissertation is based on theoretical research and research-action, investigating literature from different consolidated and emerging point of view. First, the idea of a smart house was analysed through the HCI lens (Ubiquitous Computing and IoT; Nikou, 2019). It was noted that the HCI researchers have focused mainly on the interaction between technology and humans in the smart home context such as usability, ease of use and the compromises between privacy and awareness for individuals, without paying much attention to domestic aspects, such as roles, the meaning of the house or the emotional bonds it creates (Saizmaa and Kim, 2008). Critical design is getting a growing interest in the research and practice of HCI (Elsden et alii, 2017; Pierce et alii, 2015). Elsden et alii (2017, p. 5386) explained: «[...] HCI as a broadly pragmatic, experience-centred, and participant-focused field is well placed to innovate methods that invite first-hand interaction and experience with speculative design projects».

Considered this tendency, the essay wants to generate discussion on new alternative and experimental approaches for designing the smart house, considering the growing role of user experience in the acceptance and appreciation of digital solutions, integrating scenarios and projecting practices with design tools that today are oriented towards identifying often blasé or redundant solutions.

State of the art | To make a complete analysis framework, it is necessary to identify and briefly qualify the existing solutions dedicated to the smart home, considering different technologies, infrastructures and methods of interaction. At the same time, as a method premise, it is useful to



Fig. 11 | Wyze Home Monitoring System (source: cukejis.xyz, 2021).



Fig. 12 | Ring the Alarm (source: voonze.com, 2021).

underline that this work wants to supply an overview of emerging solutions rather than developing a taxonomy. Below we will establish the parameters used to analyse and describe the state of the solutions: through current infrastructures, types of technologies integrated into single devices of which the entire system is composed, different applications and purposes of the system and the methods of interaction.

Among the existing smart home systems and devices, the best known are the home automation systems. The system of connected devices monitors and activates various domestic functions such as lighting, controls, programming of much electricity-powered appliances, temperature control (air conditioning or heating), entertainment devices and more. The smart house can be described as: «[...] a house which is equipped with smart objects, a home network make it possible to transport information between objects and a residential gateway to connect the smart home to the outside Internet world. Smart objects make it possible to interact with inhabitants or to observe them» (Ricquebourg et alii, 2006, p. 23).

The typical infrastructure of this smart house is a device or a system of devices using different technologies according to their function, linked to a so-called gateway, the central hub. Over the last years, the concept of smart home as complex wired system is shifting from traditional home automation to IoT systems and devices (Marikyan, Papagiannidis and Alamanos, 2019). To basically distinguish these two types, we can say that when home automation relies on the Internet, we are talking about IoTs (Mussab et alii, 2017). There are two types of infrastructure and communication protocols: one requires a wired connection and electricity, and the other is wireless, therefore it requires a Wi-Fi, Bluetooth, infrared or radio wave connection. There are some hybrid solutions on the market using the ethernet (Ricquebourg et alii, 2006).

Recently, some smart home platforms such

as Google Home, Amazon Alexa, Apple Home Kit assistants, have become well-known (Figg. 1-3). These are, in some cases, stand-alone solutions, while in others are made to match to one of the two above-mentioned communication protocols. Home automation is increasingly evolving towards, partially or entirely, wireless systems with an increased ability to interact with the user. Therefore, it is interesting to see how technologies allow us to go beyond automation and towards more experiential solutions (Hoffman and Novak, 2015; Koskela and Väänänen-Vainio-Matila, 2004) up to modify the definition of 'smart home' in 'smart living'. Today, the devices are interconnected in a system and can be controlled by different unities and interfaces, such as wall-mounted devices, smartphones and tablets, even PC not necessarily available in the same room. And they raise the challenge of flexibility in terms of space-time, allowing the user to control the house from any place and at any time. In general, these smart systems are made by a network of sensors and data transmission units embedded in the devices we use every day. They could be made by different devices working with different functions, but can also focus on specific tasks, such as energy control.

These systems can be divided according to their application and purpose. The main applications within the domestic environment can be summarised as follows: 1) Comfort and entertainment; 2) Environmental solutions; 3) Health and well-being; 4) Safety. This categorisation comes from literature and the study of different case studies. Specifically, the publications by Ricquebourg et alii (2006) and Hamernik, Tanuska and Mudroncik (2012) give an exhaustive vision of these systems that can be considered as the theoretical base of this essay. The applications are often combined within the system but separated by producers and brands, coming from different productive and market cultures of the pre-digital era. However, apart from assistive technology dedicated to health and disabilities, the

four categories seem not linked to the user who perceives and assimilates the home as one environment, without strong functional and access differentiation, as it would seem obvious.

In the field of comfort and entertainment, we can find solutions aiming at helping the user in some daily activities, supplying an easier use and adapting to the user's needs, often autonomously. Systems within this category can include smart appliances (kitchen, laundry, cleaning, etc.), smart speakers, smart bulbs, smart sockets, etc. Some examples are Samsung Family Hub, LG ThinQ, Philips Hue, Roomba, etc. (Figg. 4-7). Concerning sustainable and self-generation solutions, we can identify very different types of products in terms of size and infrastructure. For example, intelligent systems based on the integration of photovoltaic cells capable of transforming energy, with an integrated distribution and management system, such as Fusion Solar by Huawei (Fig. 8).

Known as HEMS – Home Energy Management Systems (Zhou et alii, 2016), this kind of systems use photovoltaic solar panels and a domestic energy storage and distribution system capable of involving appliances, monitoring, controlling, managing or alerting functions in the event of anomalies. The technologies used for communication are usually wireless, such as Bluetooth, ZigBee and BACnet. Artificial intelligence and Android or iOS applications are often used to communicate with users and involve them in their management, to increase the perception of performance if they are integrated with smart metres (to process the link between produced and consumed energy or to support the communication and data transfer).

IoT devices are simple and economic solutions, often integrated in the provider's services, which can help to effectively handle the energy, water or gas consumption and activate saving mode autonomously. These are active digital systems, an alternative to hardware which, with the same performance, would be much more complex and expensive. Nest and Netatmo (Figg. 9, 10) are fully compatible with HVAC systems – Heating, Ventilation and Air Conditioning (Han and Lim, 2010). In these devices the hardware is simple (in most cases it has only one PCB and one display). While the HVAC systems management software, is more complex and uses existing platforms such as Google or others. Often, as for Netatmo's case, they use ZigBee protocol (useful for 'machine2machine' communication) and integrate the functions of additional smart devices such as radiator valves or the home electrical wiring. The same technology, increasingly used for smart objects, is used for Amazon Echo, Google Alexa, etc. already mentioned.

Health and well-being, as already stated, are a specific category: ranging from the assistance for the dosage of drugs to more specific types of areas that assist users suffering from a specific illness or disability (blindness, deafness, movement difficulties, etc.). There is a vast and varied range of intelligent security systems dedicated to solutions ranging from anti-theft to baby and child monitors. Some examples in this category are Wyze, Ring Alarm, Nanit and others (Figg. 11-



Fig. 13 | Nanit (source: buys365.ga, 2021).

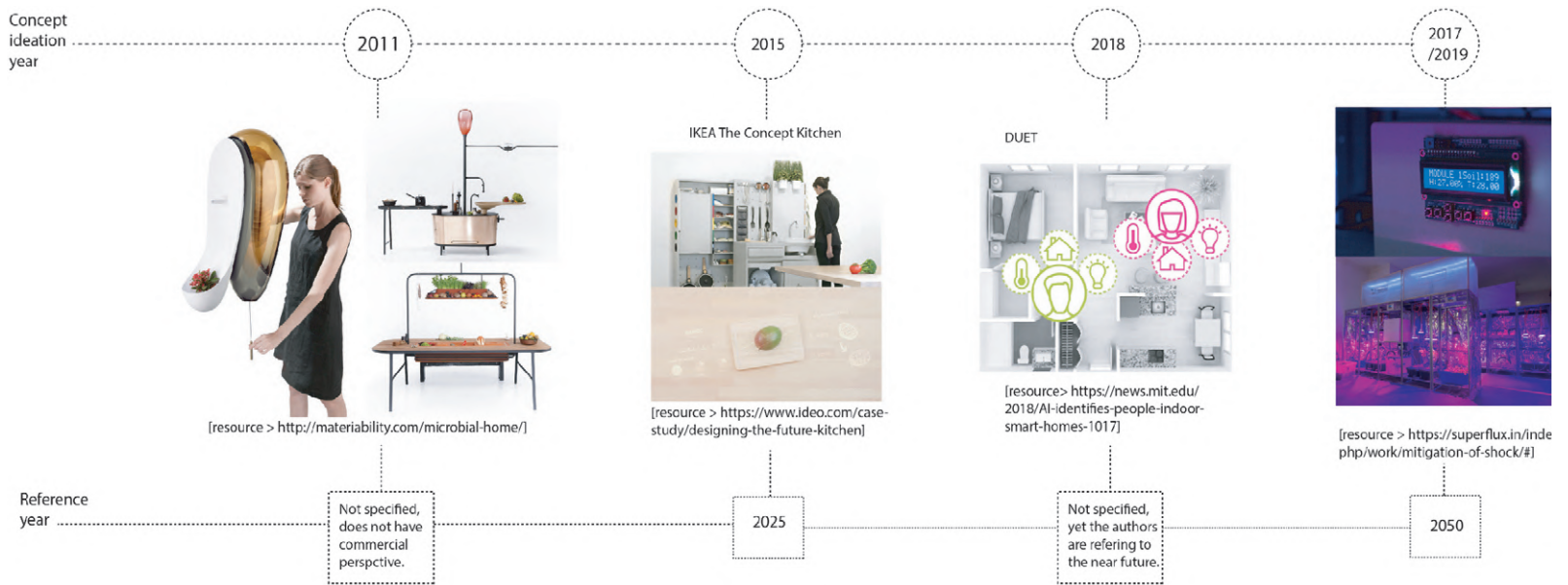


Fig. 14 | Map of the observed examples (source: materiability.com, 2011; ideo.com, 2015; news.mit.edu, 2018; superflux.in, 2019).

13). These devices and services interconnect or work individually, using different technologies. The most part uses sensors, artificial intelligence and machine learning (Guo et alii, 2019) influencing, depending on the equipment, also the man-object and man-environment interaction and proxemics, in this field the latest generation sensors such as MEMS (Micro Electro Mechanical System) have different uses: energy collection, inertial platforms, sensors for humidity and temperature, optical switches, and biosensors (Chan et alii, 2008; Rasmussen and Zaghloul, 1998). Finally, some modes of interaction still widespread are represented by the interfaces on the screens, voice command, interaction via remote command and, in some more advanced cases, gestural interaction (Kühnel et alii, 2011).

New frontiers for designing systems, services and products for smart homes

Given the scarcity of the state of the art for the various solutions, below we will observe, through some case studies, the new evolution or innovations that seem viable and within the reach of current technologies with a look at a more central role of users and their experience. From the previous examples, we could see that the current needs and challenges in this field mainly concern the objective comfort of the person, sustainable solutions, health and well-being, as well as safety. However, in these uncertain times, our needs are quickly changing and it is necessary to provide more perceptive and experiential smart home solutions capable of evolving and adapting to these changes.

If we elaborate a vision, it is clear how the evolution of the environments served by technologies will focus more on improving the lives of users than on increasing functional performances, where these functions are strongly changing as well as the needs that require them. Most solutions are based on the monitoring and interaction through the primary unit of the system of connected devices. Information, control and exhibition of technology dominate, as well as redundancy of available performance and disper-

sion of value. However, the scenario will change and become more complex with the use of the closed or open network and the AI constantly improving in its ability to predict events and needs, to learn from interactions and work autonomously.

The following cases are design fiction and speculative proposals that imagine and prototype how to develop a future capturing the potential of existing and evolving technologies. They show the lifestyle of the near future, highlighting some alternatives to the reality in which we are living, trying to imagine how technologies will evolve, what will be the needs and desires of users, and what will be the challenges for designers. Each one of these examples, conceptually establishes new solutions, new technologies, new ways of interacting with the space of everyday life.

Duet, developed at MIT, is a solution that studied how the smart, customised and automatised house could evolve. The system autonomously identifies the people moving in the house, following the user moving through rooms. Duet locates people by measuring the reflection of wireless signals from their bodies and identifies them by recording signals from nearby mobile devices, integrating them with a pavement mapping. Currently used home automation technologies locate and identify people thanks to the signals emitted by the devices they carry with them, in their pocket or bag. But the research team has noticed that most people leave the devices on the pieces of furniture at home, making tracking impossible. The system, for example, adjusts the temperature, turns on your favourite channel, and so on. For the MIT researchers this type of solution could be very useful for health and well-being and today, after the lockdowns that have made the home the centre of daily life again, they seem to have hit the mark. The system was tested for two weeks in an apartment housing four people and in an office with nine employees, demonstrating that it could identify and track inhabitants with 96% accuracy. Duet could even be used as an alarm, to recognise

signals and body language of any intruder, that is to avoid inappropriate access to private areas of the house.

Another example of smart house of the near future is the Mitigation of Shock project, the experiment carried out by the Superflux Studio on how humans will experience climate change without food security and resource scarcity. Superflux considered this complex scenario as a hyperobject (Morton, 2013). This installation is an apartment radically adapted to live with the consequences of climate change, such as the uncertainty of food supply due to the disruption of the supply chains and to overpopulation. This solution does not aim at survival, but rather at a new potential for prosperity as the conditions of the context change. The experimental solution is set in London 2050 and transforms a typical apartment into a space to grow and produce food. The system is equipped with computers specifically designed to control the environment and handle an autonomous food production.

A few years ago, IKEA presented the concept for the future kitchen, imagining how human behaviours will shape the design of the kitchen of the future. This concept was envisioned for 2025, picturing the kitchen as a centre of energy, activity and comfort taking into consideration that in urban areas the spaces are constantly shrinking and that over the years, there will be fewer resources, and food will be more expensive. Technology is embedded in every part of the home, but it does not automate personal choices and facilitates awareness by stimulating decision-making processes. It helps users to manage food in their house and diet, but it is also a system for energy saving that keeps food at the right temperature. The artefacts included in this system are the table to experience, the sink, the smart disposal. The solution is dynamic, and uses projected and animated interfaces.

At the 2021 Design Week, the IKEA Home of Tomorrow presented at BASE Milano was created with sustainability and customization in mind, introducing a digital company in the home, based on additive manufacturing, to produce

'home made' elements useful to further customise the environment or independently make changes to the context and lifestyle. Open-source projects and network designs appear as reference scenarios of this 'speculation'. It was interesting to study the two visions and understand how the critical vision of the future of the smart home, technological development and social issues will evolve.

Another disruptive concept within this field is the microbial home concept by Philips, developed imagining a future free from digital domination. In this case, it is a fully new and natural technology based on the microbial activity that provides solutions for energy, cleaning, lighting and waste disposal. It is a synergy of biological processes in a domestic system that uses less energy and does not pollute. It consists of several artefacts: the bio-digester island, the evaporative cooler, the urban hive, the bio-lighting, the plastic waste up-cycler. This project, like most speculative projects, does not have the ambition of becoming a real product. Its purpose is to generate discussion on how the future of our homes could be and what could happen if we exchanged electromechanical and digital technologies for biological ones.

In a nutshell, the Duet by MIT concerns the fully adaptation of the home environment to the person. The Mitigation of Shock deals with the adaptation of personal and daily space to the new challenges of the world such as climate crises and food insecurity. The Concept Kitchen 2025 (developed by IDEO for IKEA) and 2021 Home of Tomorrow for BASE Milano, suggest that the kitchen will become a central space of the house and will assist its user on a daily basis through commitment and dialogue, since this environment will become autonomous and personal enough to self-update. Finally, the Microbial kitchen by Philips imagines a completely new way of seeing the home environment and shows what it means smart and autonomous when talking about technology.

Radically different visions, sometimes opposing, but viable in the future and technically plausible. They supply evolutionary scenarios, where the meaning of smart home shifts from being pure comfort to being a provider of tools for users to live in uncertain times and become an active part in improving the lifestyle and well-being (Fig. 14). They have the elements to create a new bond between the user and the object, and the user and the environment. This bond is certainly consistent with the living, product and services aspects of the discipline of Design.

Discussion | The essay studies possible new frontiers for designing smart home environments in relation to the problems of contemporary society, by exploring new approaches and methods that could allow the designers to adopt multiple perspectives, beyond already existing schemes. The dissertation gives an experimental perspective based on Critical Design bases (Solaimani, Bouwman and Secomandi, 2013) researching a road going beyond functional effectiveness and towards perceived comfort. However, the applications in the home environment of these technologies are still rare and even referred to giants of online services. The identified cases highlight

how domestic life can be integrated with the functionality of the built environment. Their integration can be usefully designed with an approach capable of anticipating future life and stimulating adaptation to constant and upcoming transformations. This ability to foresee provides the designers with connected environments and technologies, a perspective that satisfies 'human' needs linked to the social and historical context, and also to the strong evolution of business models that influence the products and services provision in our daily life.

Throughout this essay, we have highlighted the reasons to rethink the way we design smart home environments and how to deal with them differently. We did not present a complete mapping, but an example of the intelligent home environment, providing an overview of current scenarios, including technologies, infrastructures and the different ways the user interacts with the environment. We discussed various applications of connected and interacting technologies and services, including home automation integrated with specific IoT after-market devices, dedicated to supporting daily life (automated environment and appliances, connected appliances, housing comfort and entertainment, products and services for smart homes with a dedicated or specific purpose up to personal assistance).

Starting from observing existing solutions and comparing them to the context, we live in and its constant evolution (currently almost radical) it was possible to express the theory of the introduction of intangible and scenario analyses to build a map of the functions of connected and intelligent systems of the near future. The smart home environment can change, or adapt day by day, based on the needs of our changing society, climate change, political or economic situations through a connection between big data, interaction and self-learning, and device control. The users can use the environment as a device, capable of conveying their needs, monitoring well-being, supplying or processing food, making purchases and managing stocks of all types of goods without automatism but in harmony and synchrony with the users and their objective or subjective needs.

The issues that Design as discipline will face could be: what will be the meaning of the smart home in the future compared to the new needs and desires of users? Will have more influence the project of the physical environment or the new generation digital environment project? How much influence will have this design hierarchy on the space planning? How much influence will it have on the full technological potential? What competences should be put in place to create a proposal of integrated and efficient, personal and enjoyable environment? The signs coming from the recent success of technologies or from the above-mentioned experiments show the need for a critical vision before the design phase, to be carried out in advance to allow the development of a design strategy, to give it a technological equipment and a story to tell to the end user.

Conclusions and future developments | In the essay we have mentioned current solutions for the smart home and some future visions proposed by designers and researchers. The state

of the art of the explained solutions shows the current technological possibilities and how we see current daily challenges. On the contrary, the analysis of the speculative and future-oriented suggestions shows how we imagine the house of the future based on projections and scenarios: some current challenges such as the climate emergency or home food science determined by the increasing scarcity of the planet's resources.

Concerning the new frontiers and the importance of integrating these new approaches in the solutions for designing smart homes – including products and services – the authors refer to critical design methodologies and more 'pluriversal' perspectives (Escobar, 2018) in the design of connected and smart domestic systems. Critical design uses narratives and materialisations to imagine and demonstrate the existence of alternative realities, future worlds, with the aim of making us think about technologies and scientific development. These artefacts can somehow be defined as 'political': they are not limited to the material and functional properties of the artefacts, but explore the possible social and cultural contexts that react to the anthropisation of the world with its technological advances and natural changes.

There are many areas of the project that can be investigated using the principles of critical design. It was possible to observe that in the smart home many current trends are characterised by the pervasive monitoring of the user and the environment. Moreover, the smart home systems are becoming increasingly independent thanks to the IA integration, capable of anticipating our desires, such as adjusting the temperature of the house before we arrive, processing and accumulating a large amount of data of which we are unaware most of the time. Søndergaard and Hansen (2018), in their studies on the intelligent virtual assistant, highlight the ability of these devices to persuade users starting from the data they collect during the day. It follows that these devices are not just technological artefacts that aim to support daily activities, but rather political artefacts influencing the scenario. This study highlights the difference between the different producers and how the data are processed according to the values of the society where the product is placed (influencing political preferences, moral decisions, etc.).

Therefore, we could conclude that technological artefacts are not neutral (Feenberg, 2005; Ihde, 1997). One could think that the built environments could become 'compatible' with a life policy instead of a lifestyle. The more our homes become independent, the more they work and can be considered as computing machines: thanks to the Internet, the issue of connected home design goes through the risk of cyber-physical threats (Heartfield et alii, 2018). Besides the risks of network management and data collection, another aspect that can be studied for the design of future smart homes is the environmental challenge, seen from two perspectives. The first one concerns technologies and systems, and the second one concerns the adaptation of man to the environment through technological solutions (as seen in the Mitigation of Shock example). The first concept considers the optimisation of the smart home system, though

infrastructure and components, the second concerns the ability of the smart home to adapt to the context and its uncertainties.

In fact, the authors see as a challenge and a future prospective the idea of creating systems capable of establishing an interaction with the user in a meaningful and non-intrusive way and, at the same time, stimulating the dialogue be-

tween the user and the environment. This dialogue could help the users to better understand the technologies and the smart house, quitting considering comfort as a luxury concept and preferring the concept of physical and mental well-being. The design challenge for the future should be to reach a higher consciousness level both from the system and from the user. There-

fore, it is desirable to find new experimental research fields for design, exchanging problem-finding for problem-solving and exploiting the approaches and principles of critical design, such as narratives and prototyping.

References

- Aldrich, F. K. (2003), "Smart Homes – Past, Present and Future", in Harper, R. (ed.), *Inside the Smart Home*, Springer, London, pp. 17-39. [Online] Available at: doi.org/10.1007/1-85233-854-7_2 [Accessed 21 October 2021].
- Bleecker, J. (2010), "Design Fiction – From Props to Prototypes", in *6th Swiss Design Network Conference 2010 | Negotiating futures design function*, Stuedler Press, Basel, pp. 58-67. [Online] Available at: scribd.com/document/396582750/Proceedings-of-Swiss-Design-Network-Conference-2010?language_settings_changed=English [Accessed 21 October 2021].
- Chan, M., Estève, D., Escriba, C. and Campo, E. (2008), "A review of smart homes – Present state and future challenges", in *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 91, issue 1, pp. 55-81. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cmpb.2008.02.001 [Accessed 21 October 2021].
- Dunne, A. and Raby, F. (2013), *Speculative Everything*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- Elsden, C., Chatting, D., Durrant, A. C., Garbett, A., Nissen, B., Vines, J. and Kirk, D. S. (2017), "On Speculative Enactments", in Mark, G. and Fussell, S. (eds), *CHI '17 – Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Association for Computing Machinery, New York, pp. 5386-5399. [Online] Available at: doi.org/10.1145/3025453.3025503 [Accessed 21 October 2021].
- Escobar, A. (2018), *Design for Pluriverse – Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds*, Duke University Press, Durham (US).
- Feenberg, A. (2005), "Critical theory of technology – An Overview", in *Tailoring Biotechnologies*, vol. 1, issue 1, pp. 47-64. [Online] Available at: sfu.ca/~andrewf/books/critbio.pdf [Accessed 21 October 2021].
- Grand, S. and Wiedmer, M. (2010), "Design Fiction – A Method Toolbox for Design Research in a Complex World", in Durling, D., Bousbaci, R., Chen, L., Gauthier, P., Poldma, T., Roworth-Stokes, S. and Stolterman, E. (eds), *Design and Complexity – DRS International Conference 2010, 7-9 July, Montreal*, pp. 1-17. [Online] Available at: dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2010/researchpapers/47 [Accessed 21 October 2021].
- Guo, X., Shen, Z., Zhang, Y. and Wu, T. (2019), "Review on the Application of Artificial Intelligence in Smart Homes", in *Smart Cities*, vol. 2, issue 3, pp. 402-420. [Online] Available at: doi.org/10.3390/smartcities2030025 [Accessed 21 October 2021].
- Hamernik, P., Tanuska, P. and Mudroncik, D. (2012), "Classification of Functions in Smart Home", in *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 2, issue 2, pp. 149-155. [Online] Available at: doi.org/10.7763/IJNET.2012.V2.98 [Accessed 21 October 2021].
- Han, D. and Lim, J. (2010), "Smart home energy management system using IEEE 802.15.4 and zigbee", in *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 56, issue 3, pp. 1403-1410. [Online] Available at: doi.org/10.1109/TCE.2010.5606276 [Accessed 21 October 2021].
- Heartfield, R., Loukas, G., Budimir, S., Bezemskij, A., Fontaine, J. R. J., Filippoupolitis, A. and Roesch, E. (2018), "A taxonomy of cyber-physical threats and impact in the smart home", in *Computers & Security*, vol. 78, pp. 398-428. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cose.2018.07.011 [Accessed 21 October 2021].
- Hoffman, D. L. and Novak, T. P. (2015), *Emergent Experience and the Connected Consumer in the Smart Home Assemblage and the Internet of Things*. [Online] Available at: dx.doi.org/10.2139/ssrn.2648786 [Accessed 21 October 2021].
- Ihde, D. (1997), "The Structure of Technology Knowledge", in *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 7, pp. 73-79. [Online] Available at: doi.org/10.1023/A:1008809019482 [Accessed 21 October 2021].
- Ilstedt, S. and Wangel, J. (2014), "Altering expectations – How design fictions and backcasting can leverage sustainable lifestyles", in Lim, Y., Niedderer, K., Redström, J., Stolterman, E. and Valtonen, A. (eds), *Design's Big Debates – DRS International Conference 2014, 16-19 June, Umea, Sweden*, pp. 1-13. [Online] Available at: dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2014/researchpapers/123 [Accessed 21 October 2021].
- Intille, S. (2002), "Designing a Home of the Future", in *IEEE Pervasive Computing*, vol. 1, issue 2, pp. 76-82. [Online] Available at: doi.org/10.1109/MPRV.2002.1012340 [Accessed 21 October 2021].
- Jakobson, L. (2017), "Critical design as approach to next thinking", in *The Design Journal*, vol. 20, issue sup. 1, pp. S4253-S4262. [Online] Available at: doi.org/10.1080/14606925.2017.1352923 [Accessed 21 October 2021].
- Koskela, T. and Väänänen-Vainio-Mattila, K. (2004), "Evolution towards smart home environments – Empirical evaluation of three user interfaces", in *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 8, pp. 234-240. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s00779-004-0283-x [Accessed 21 October 2021].
- Kühnel, C., Westermann, T., Hemmert, F., Kratz, S., Müller, A. and Möller, S. (2011), "I'm home – Defining and evaluating a gesture set for smart-home control", in *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 69, issue 11, pp. 693-704. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ijhcs.2011.04.005 [Accessed 21 October 2021].
- Marikyan, D., Papagiannidis, S. and Alamanos, E. (2019), "A systematic review of the smart home literature – A user perspective", in *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 138, pp. 139-154. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.015 [Accessed 21 October 2021].
- Morton, T. (2013), *Hyperobjects – Philosophy and Ecology after the End of the World*, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Mussab, A., Zaidan, A. A., Zaidan B. B., Talal, M. and Kiah, M. L. M. (2017), "A Review of Smart Home Applications based on Internet of Things", in *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 97, pp. 48-65. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jnca.2017.08.017 [Accessed 21 October 2021].
- Nikou, S. (2019), "Factors driving the adoption of smart home technology – An empirical assessment", in *Telematics and Informatics*, vol. 45, pp. 101283, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.tele.2019.101283 [Accessed 21 October 2021].
- Nowotny, H. (2008), *Unersättliche Neugier – Innovation in einer fragile Zukunft*, Kulturverlag Kadmos, Berlin.
- Pierce, J., Sengers, P., Hirsch, T., Jenkins, T., Gaver, W. and DiSalvo, C. (2015), "Expanding and Refining Design and Criticality", in Begole, B. and Kim, J. (eds), *CHI '15 – Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, Association for Computing Machinery, New York (US), pp. 2083-2092. [Online] Available at: doi.org/10.1145/2702123.2702438 [Accessed 21 October 2021].
- Rasmussen, A. and Zaghoul, M. E. (1998), "In the flow with MEMS", in *IEEE Circuits and Devices Magazine*, vol. 14, issue 4, pp. 12-25. [Online] Available at: doi.org/10.1109/101.708474 [Accessed 21 October 2021].
- Ricquebourg, V., Menga, D., Durand, D., Marhic, B., Delahoche, L. and Loge, C. (2006), "The Smart Home Concept – Our immediate future", in *2006 IST IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics*, pp. 23-28. [Online] Available at: doi.org/10.1109/ICELIE.2006.347206 [Accessed 21 October 2021].
- Saizmaa, T. and Kim, H. (2008), "A Holistic Understanding of HCI Perspectives on Smart Home", in *2008 Fourth International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management*, pp. 59-65. [Online] Available at: doi.org/10.1109/NCM.2008.141 [Accessed 21 October 2021].
- Schulte, B. F., Marshall, P. and Cox, A. L. (2016), "Homes For Life – A Design Fiction Probe", in Björk, S., Eriksson, E., Fjeld, M., Bødker, S., Barendregt, W. and Obaid, M. (eds), *NordiCHI '16 – Proceedings of the 9th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, Association for Computing Machinery, New York (US), art. 80, pp. 1-10 [Online] Available at: doi.org/10.1145/2971485.2993925 [Accessed 21 October 2021].
- Simmel, G. (1950), *The Sociology of George Simmel*, Free Press, Glencoe (US).
- Solaimani, S., Bouwman, H. and Secomandi, F. (2013), "Critical Design Issues for the development of Smart Home technologies", in *Journal of Design Research*, vol. 11, n. 1, pp. 72-90. [Online] Available at: doi.org/10.1504/JDR.2013.054067 [Accessed 21 October 2021].
- Søndergaard, M. L. J., and Hansen, L. K. (2018), "Intimate futures – Staying with the trouble of digital personal assistants through design fiction", in Koskinen, I. and Lim, Y.-K. (eds), *DIS 2018 – Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference*, Association for Computing Machinery, New York (US), pp. 869-880. [Online] Available at: doi.org/10.1145/3196709.3196766 [Accessed 21 October 2021].
- Weinberger, D. and Durante, M. (2020), *Caos quotidiano – Un nuovo mondo di possibilità*, Codice Edizioni, Torino.
- Zhou, B., Li, W., Chan, K. W., Cao, Y., Kuang, Y., Liu, X. and Wang, W. (2016), "Smart home energy management systems – Concept, configurations, and scheduling strategies", in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 61, pp. 30-40. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.047 [Accessed 21 October 2021].