

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系



碩士論文

居家機器人應用原則

研究生：施顏晁

指導教授：黃欽印 教授

陳武林 教授

中華民國一〇六年六月

# **Application Principles for Home Robots**

By

Yen Chao Shih

Advisors : Prof. Chin Yin Huang

Prof. Wu Lin Chen

A Thesis

Submitted to the Institute of Industrial Engineering and  
Enterprise Information at Tunghai University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

in

Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2017

Taichung, Taiwan

# 居家機器人應用原則

學生：施顏晁

指導教授：黃欽印教授

陳武林教授

東海大學 工業工程與經營資訊學系

## 摘要

智慧家庭起源於 1980 年代初，從居家電子化演進到居家自動化，其綜合了網路通訊、感測器、控制等技術，範疇也不僅僅侷限於居家娛樂以及居家控制，能源、醫療照護、隱私、安全等議題也開始被重視，不過即使智慧家庭已經經歷超過三十之久，還是無法被廣泛地導入，因既有相關研究皆是以個案發展，在限制的環境之下針對特定智慧產品進行研究，無法確認在其他環境之中研究之準確性及適用性。

於文獻探討中，描述本研究設計原則所遵守的機器人三大公理，以及用以佐證設計原則的相關文獻，如使用者介面與閘道器之必須，也說明與本研究許多原則相關之工作研究中的動作研究與動作經濟原則。另外彙整四種居家人型機器人之長寬高、重量、自由度移動速度等資訊。本研究將先針對現有的居家智慧產品透過是否具有可移動式基底、是否具有視覺系統、四肢以及其功能類型等分成 i-gizmo、smart device、i-appliance、cleaning robot、Func. Humanoid Robot、Entertainment Robot 以及 i-future 等 7 大類別，再依據居家中不同環境設計原則，共分為五種：通用性原則(無論進入任何環境皆須遵守)、客廳之原則、廚房之原則、衛浴之原則、臥室之原則，每條原則皆有對應不同種類之智慧產品。此外也小幅度設計居家擺設及樣式，以 Revit 2016 繪製出改善前與改善後之圖示化 3D 模型進行比較，以及基於功能行人型機器人本體之系統故障情況下界定其活動範圍。本研究透過設計原則並以文獻佐證以減少智慧產品在不同型態之居家中所受到的限制，進而提高機器人在居家中執行作業之效率，並適用於不同型態之居家，非與既往研究一樣只限於個案。

**關鍵字詞：**智慧家庭、居家機器人、人型機器人、原則設計

# **Application Principles for Home Robots**

Student: Yen Chao Shih

Advisors: Prof. Chin Yin Huang  
Prof. Wu Lin Chen

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information  
Tunghai University

## **ABSTRACT**

Smart home was originated in the 1980s and evolved from home electronics to home automation. It comprises internet, sensors, control and other technologies. Application of Smart home does not only focus on entertainment and control but also on energy, health care, privacy, and safety issues. Although Smart home has been developed more than thirty years, it is still not generally implemented because of the special features considered in each related study of the literature. In these studies, specific smart products are considered under limited environment, so they can't be applied to other environments with great accuracy and adaptability.

In literature review, this study follows Three Laws of Robotics proposed in the literature. Secondly, we illustrate related literatures which support the design principles, e.g. user-friendly interface and necessity of the gateway. Thirdly, we outline Motion Study and Principle of Motion Economy under Work Study (Motion and Time Study) which is related to some principles of this research. Moreover, we collect the following data regarding four types of domestic humanoid robot: WHD, weight, DoFs, speed, etc.. In this research, we categorize present intelligent home products into 7 categories based on whether or not they have a mobile base, visual system, limbs: i-gizmo, smart device, i-appliance, cleaning robot, Func. Humanoid Robot, Entertainment Robot, and i-furniture. Then we design principles for each of five different environments at home, which are general principles (IDRobot must comply in any environment), principles of living room, principles of kitchen, principles of bathroom and principles of bedroom. Each types of principles corresponds to different kinds of smart product. In addition, we slightly redesign the layout of home which is drawn by Revit 2016 to compare the 3D models before improvement and that after improvement in order to compare its discrepancy and limit the scope of Func. Humanoid robot when it breaks down. This research reduces the limitation of various home environments through the principle designing which was supported by previous studies in the literatures, and these principles thus improve the efficiency of operations of robots at home. Furthermore,

the proposed principles in this research are not only adaptive for the special case, but also for different kinds of home.

**Keywords: Smart Home, Home Robots, Humanoid Robots, Principle Design**

## 致謝

又到了鳳凰花開的季節，學生生涯隨著論文畫下了句點。論文能順利完成，首先我要感謝我的指導教授黃欽印老師以及陳武林老師，老師給予學生廣泛的思考與發揮空間以及無比的包容與耐心，並在研究上提供寶貴的建議、鼓勵學生開拓視野。很感謝老師不只提供課本上的知識，更多的是給予我許多待人處世的經驗，點醒我不需害怕錯誤，錯誤是可以修改的。

另外，在這段時間中，說長不長、說短不短，從一個對於所學知識似懂非懂的大學畢業生到具有專業領域的碩士生，感謝一路上陪伴我走過的老師、親人以及朋友，使我在擁有放棄念頭之時將我救起、指引我。論文之路一路走來，感謝我的女朋友鍾宛靜不離不棄的陪伴，提醒我再忙也必須要好好休息；也感謝研究所的夥伴夏可清、邱志豪、黃威均等人適時的提供建議與方向，使我能順利完成論文。

在此預祝學弟妹古兆廷、張瀨方、陳盛皇能在兩位優秀的指導老師的帶領下開創一片屬於自己的未來，在論文的路途中滿腹收穫。

最後，謹將此論文獻給我最親愛的父親與母親，在這麼多年的求學過程中，有了您們生活上的支持與精神上的鼓勵，方使我無後顧之憂，順利完成學業，深深感謝您們的支持。

施顏晁 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊學系

中華民國一〇六年六月

# 目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
致謝.....	iv
目錄.....	iii
表目錄.....	vii
圖目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究貢獻.....	3
1.4 論文架構.....	3
第二章 文獻探討.....	5
2.1 機器人三大法則.....	5
2.2 人工智慧發展的六大法則.....	5
2.3 人機互動(Human-Robot Interaction).....	6
2.4 易用性使用者介面(User Friendly Interface).....	7
2.5 開道器之重要性.....	7
2.6 人型機器人之比較.....	8
2.7 工作研究.....	9
2.7.1 動作研究.....	10
2.7.2 動作經濟原則.....	11
第三章 研究方法.....	14
3.1 居家分類.....	14
3.2 居家智慧產品分類.....	14
3.3 IDRobot 架構下之產品種類.....	17
3.4 原則的歸納步驟.....	17
第四章 居家機器人原則發展.....	19
4.1 原則發展.....	19
4.1.1 通用性原則.....	19
4.1.2 客廳之原則.....	33

4.1.3 廚房之原則 .....	37
4.1.4 衛浴之原則 .....	42
4.1.5 臥室之原則 .....	46
4.2 居家佈置改善前後之比較 .....	49
4.2.1 客廳之比較 .....	50
4.2.2 廚房之比較 .....	52
4.2.3 臥室之比較 .....	53
4.2.4 衛浴之比較 .....	54
4.2.5 功能型人型機器人活動範圍 .....	55
4.3 以智慧產品歸類原則 .....	55
第五章 討論.....	62
參考文獻.....	64



## 表目錄

表 2.1 居家人型機器人種類.....	9
表 2.2 動作經濟原則.....	11
表 4.1 通用性原則.....	20
表 4.2 客廳之原則.....	34
表 4.3 廚房之原則.....	38
表 4.4 衛浴之原則.....	43
表 4.5 臥室之原則.....	47
表 4.6 i-gizmo 之原則 .....	55
表 4.7 smart device 之原則 .....	56
表 4.8 i-appliance 之原則 .....	57
表 4.9 cleaning robot 之原則.....	58
表 4.10 Func. Humanoid Robot 之原則.....	58
表 4.11 Entertainment Robot 之原則 .....	60
表 4.12 i-furniture 原則 .....	60

## 圖目錄

圖 1.1 智慧家庭之演進.....	1
圖 1.2 智慧家庭滲透率.....	2
圖 2.1 工作研究之範疇.....	10
圖 2.2 動素名稱與符號.....	11
圖 3.1 居家分類.....	14
圖 3.2 居家智慧產品架構圖.....	16
圖 4.1 語音辨識架構圖—傅利葉轉換.....	23
圖 4.2 閘道器於居家中扮演之角色.....	25
圖 4.3 The Moley Robotic Kitchen.....	26
圖 4.4 人型機器人允許與限制進入之區域.....	32
圖 4.5 客廳主要構成要素.....	33
圖 4.6 個案之實驗環境—1.....	35
圖 4.7 個案之實驗環境—2.....	36
圖 4.8 廚房主要構成要素.....	37
圖 4.9 人機關係圖.....	40
圖 4.10 衛浴主要構成要素.....	42
圖 4.11 傳統水龍頭示意圖.....	45
圖 4.12 臥室主要構成要素.....	46
圖 4.13 OHEA 智慧床.....	48
圖 4.14 改善前之茶几與沙發.....	50
圖 4.15 改善後之茶几與沙發.....	50
圖 4.16 改善前之玩具放置位置.....	51
圖 4.17 改善後之玩具放置位置.....	51
圖 4.18 改善前之廚房設計.....	52
圖 4.19 改善後之廚房設計.....	52
圖 4.20 改善前之衣櫃設計.....	53
圖 4.21 改善後之衣櫃設計.....	53
圖 4.22 改善前之水龍頭設計.....	54
圖 4.23 改善後之水龍頭設計.....	54
圖 4.24 改善後之居家全貌.....	55

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

智慧家庭一詞出現於 1980 年代初，隨著大量採用電子技術，而出現居家電子化(HE, Home Electronics)；到 1980 年代中期，整合家電、通信設備等獨立功能合而唯一，形成了居家自動化(HA, Home Automation)，這也將是奠定智慧家庭的基底；隨後，隨著網際網路以及各式智慧型裝置的普及，使智慧家庭變得更全面、更完善。

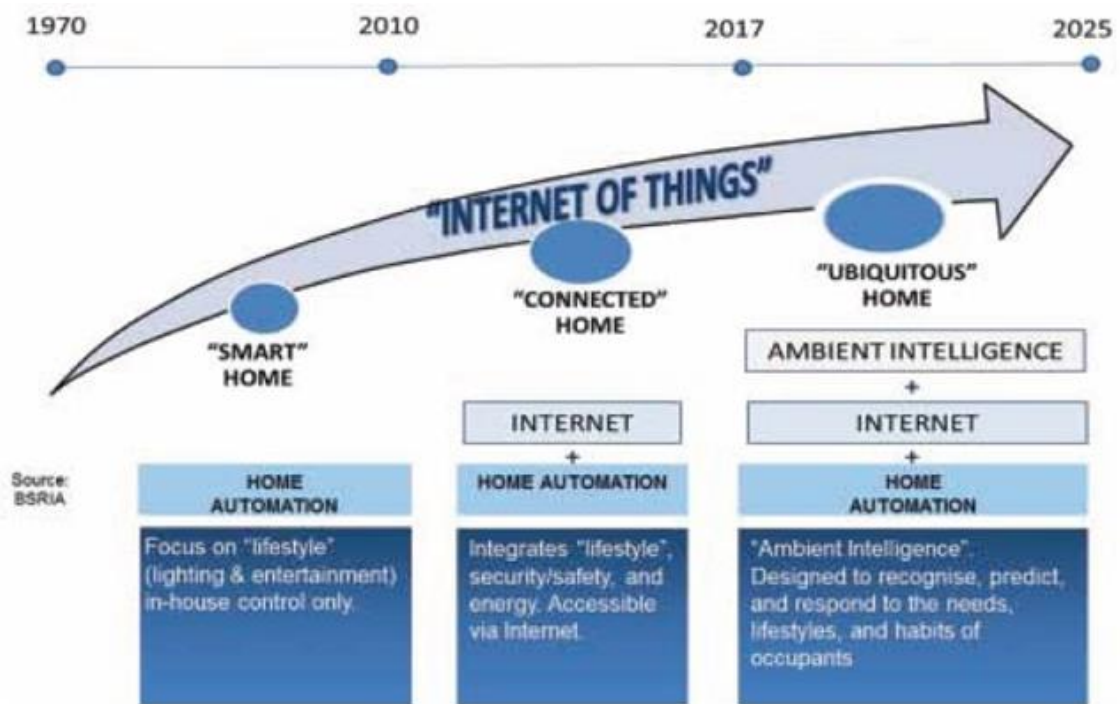


圖 1.1 智慧家庭之演進

資料來源：European Connected and Smart Home Market overview, by Z. Karpathy, 2014, BSRIA

此外，智慧家庭共分為三個階段：階段一：家中之裝置藉由監控居住者之行動，可預先操控家中之電子裝置並發出提醒給使用者。例：當有陌生人入侵家中，NuBryte 的廣角相機可即時發出提醒到其他行動裝置；階段二：透過人工智慧的加入來操控電器，藉由更智慧的功能以改善傳統的居家自動系統。這不僅增加居住者在居家之舒適度、降低操作成本，也增加安全性，此外，裝置會透過與使用者的互動來學習，例如：Amazon Echo 不像某些智慧裝置只能接收使用者之指示，

它還能透過語音回覆使用者；階段三：機器人不再是“它”而是“他/她”，能夠主動與使用者溝通、互動。例：Zenbo 可以與其他智慧裝置連結、在家中自由移動、撥打視訊電話、臉部辨識等功能(Li et al., 2016)。

不過即使智慧家庭已經經歷超過三十至四十年之久，還是無法被廣泛地導入，如圖 1.2，智慧家庭在2015年的滲透率只達10%。許多學者皆認為此一原因是由於以下主要三點所造成：一、目前不同廠牌之間智慧裝置的互通性不一致，使得消費者須購買相同品牌或是相同開發平台之智慧裝置才能互相連結；二、安裝及操作複雜，許多消費者會因為智慧裝置之功能而產生購買的衝動，但由於不了解如何使用以及前置的安裝而打消購買欲望；三、價格昂貴，近年來許多公司隨著物聯網的興起開始投入研發智慧裝置的行列，但對於這些公司而言，研發智慧裝置才剛起步，使研發成本昂貴，消費者也因此不會選擇現在購買。

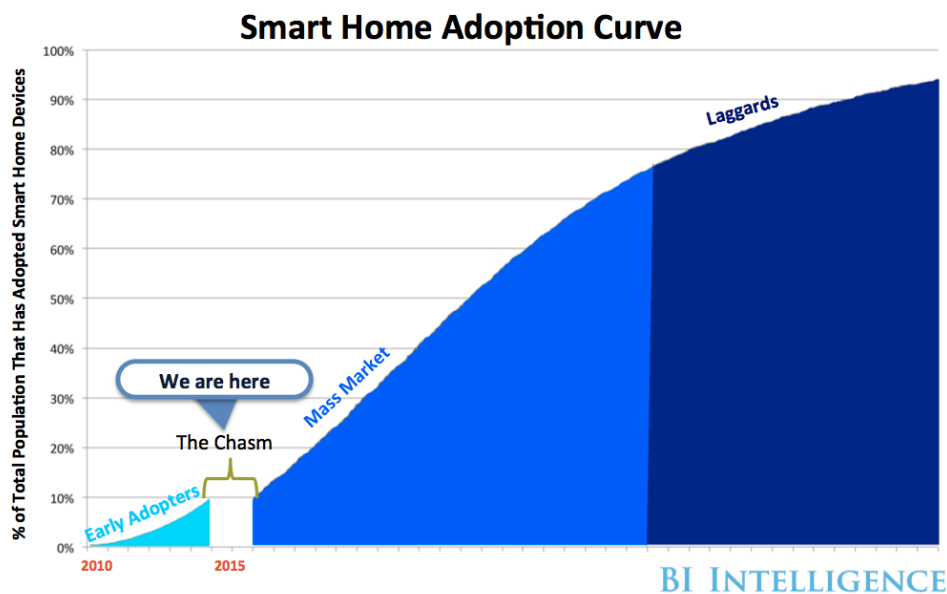


圖 1.2 智慧家庭滲透率

資料來源：“The US smart home market has been struggling — here's how and why the market will take off”, J. Greenough, 2016, *Tech Insider*

但對於提升智慧家庭之滲透率的基底並非上述三點，以及既有相關研究皆是以個案發展，在限制的環境之下針對特定智慧產品進行研究，無法確認在其他環境之中研究之準確性及適用性，因此本研究將透過小幅度改變現有居家設計並依據機器人進入居家可能會遭遇之

限制進行原則發展，再進行評估與探討。本研究是以當今居家機器人相關技術為研究技術背景，所整理發展之原則未來會因居家機器人之技術進步而調整，另外本研究無納入轉換成本、停電等因素。

## 1.2 研究目的

由於相關之既有研究皆是以個案，如：在實驗室或是已被設計過環境，無法適用於不同環境中，因此本研究將先針對現有的居家智慧產品進行分類，再依據不同種類之智慧產品設計原則以及其活動範圍，此外也小幅度設計居家擺設及樣式，減少智慧產品在不同型態之居家中所受到的限制。

## 1.3 研究貢獻

本研究與既有研究之最大差異，在於本研究之設計原則適用於不同型態之居家，並非只是個案，分為通用性原則、客廳之原則、廚房之原則、衛浴之原則、臥室之原則，每種房間皆有屬於該對應之原則，並透過既有研究之個案或其他類型之個案佐證，些許原則將小幅度改變現有居家設計；不僅如此，本研究為第一篇將居家機器人進行分類，首先依據是否具有可移動是基底分類，再依據其功能性、是否具備是覺系統等進行分類，另外，所設計之原則可大幅降低機器人進入居家時所受到的限制，提高機器人在居家中執行作業之效率。

## 1.4 論文架構

本研究將於第二章文獻探討中介紹設計機器人與人工智慧之原則、簡述本研究其中一部分設計之原則中之文獻以及彙整居家人型機器人並進行比較與說明；第三章研究方法中則會說明如何將居家房間以及居家智慧產品分類，並於 3.3 中以既有產品套入本研究之居家智慧產品類別，使分類更具體化，再說明本研究如何發展原則；於第四章居家機器人原則發展中詳細說明各發展之原則並加入文獻佐證，

4.2 則利用 3D 繪圖呈現改善前後之差異，並於第五章中討論本研究之結果。

## 第二章 文獻探討

本章節在 2.1 節與 2.2 節分別介紹所設計之機器人以及人工智慧須遵守之法則，並在 2.3 節、2.4 節提及本研究之發展原則之相關文獻，用以佐證對應之原則，2.5 節則彙整居家人型機器人之資訊，2.6 節以工作研究帶出本研究主要設計原則依據之動作研究以及動作經濟原則。

### 2.1 機器人三大法則

Isaac Asimov 於 1942 年發表的作品《Runaround》中提出此三大法則作為作品中機器人必須服從之倫理原則，而在 1985 年 Isaac Asimov 又將三大法則擴張成四大法則 (機器人三大定律,2017)。分為：

第零原則：機器人不得傷害人類這族群，或因不作為(袖手旁觀)使人類這族群受到傷害。

第一原則：除非違背第零法則，機器人不得傷害人類，或因不作為(袖手旁觀)使人類受到傷害。

第二原則：除非違背第零或第一法則，機器人必須服從人類的命令。

第三原則：在不違背第零至第二法則下，機器人必須保護自己。

### 2.2 人工智慧發展的六大法則

微軟執行長(Nadella, 2016)提出此六大法則作為社會與產業應該共同討論以及辯論的原則及目標。

#### 1. 人工智慧必須用來輔助人類

當越來越多有自主意識的機器被開發出來，人類需要尊重自身的自主意識。協作機器人 (co-bots) 應該去做一些危險工作，比如挖礦，這樣就能為人類工人構建一個安全保護網。

#### 2. 人工智慧必須是透明化的

人類應該注意人工智慧的工作原理以及其規則。人類需要的並非人工智慧，而是一種“共生”智慧。人工智慧技術將會了解人類，但人類也必須要了解機器以及人工智慧。

3. 人工智慧必須擁有最大的效能，同時卻不能破壞到人類的尊嚴。  
人工智慧必須要保護文化、強化族裔多樣性。在設計人工智慧系統時，需要更廣泛、更深入以及更多樣化之人群參與。
4. 人工智慧必須用於智慧隱私。  
必須要有先進的、可信賴的保護措施，用各種方式確保個人和群體的隱私信息。
5. 人工智慧必須承擔算法責任以便人類可以撤銷非故意的傷害。  
設計人工智慧技術時，人類必須要考慮到各種預期和非預期的情況。
6. 人工智慧必須防止偏見、保證適當和具有代表性的研究就不會造成歧視於錯誤的啟發。

### **2.3 人機互動(Human-Robot Interaction)**

人機互動被定義為一種對人類、機器人以及彼此影響之研究 (Fong et al., 2001)，不外乎就是當機器人執行作業時直接的與人有所互動或是共享同一空間 (Thrun, 2004)。

不同於傳統的工程與機器人，在人機互動中核心之要素為與人類的互動，而這種互動包含言語以及非言語之互動(Dautenhahn, 2007)；也有學者將其分為遠端互動(remote interaction)與實體互動(Proximate interaction) (Goodrich & Schultz, 2007)，遠端互動即為人類與機器人並非於同意空間或時間，近端互動則為人類與機器人於同一空間；此外，在另一篇研究中將其分為四類：原始性互動(Primitive interaction)是透過基於電腦之介面溝通、親密性互動(Intimate interaction)是直接或一對一的互動、寬鬆性互動(Loose interaction)為有距離之互動、合作性互動(Cooperative interaction)為根據需求自動導入額外的機器人或人員 (Takeda et al., 1997)。人與機器人互動免不了身體上之接觸，實體



人機互動(pHRI)主要強調安全性(Safety) (Haddadin et al., 2008)以及可靠性(Dependability), 亦有研究指出容錯性(Fault-tolerance)也是一大要素 (Alami et al., 2006; De Santis et al., 2008; Pervez & Ryu, 2008), 並透過機器人本體之感測器來分析受力與施力, 當遇到衝擊, 則立即改變其姿勢, 增加撞擊緩衝以降低造成人類受傷。

在居家環境中, 所有種類之智慧產品都應與人類協同 (Nickel & Stiefelhagen, 2007), 因此機器人不僅要“做對的事情”還要“將事情做對”, 即對於人類是可接受以及可信任的 (Dautenhahn, 2007)。

## 2.4 易用性使用者介面(User Friendly Interface)

Ruser、Borodulkin 以及 Leisner (2003)提到許多智慧家庭之供給者以及製造商皆致力於發展新的居家網絡, 而產生更多、更複雜以及更廣泛的系統, 因此, 必須擁有更易於使用之使用者介面, 以隨時可進行監控; Arshad 等學者 (2016)也提到既有監控系統設計過於複雜且不易於使用者使用; 此外在一篇基於雲端之居家能源管理與消費者決策之模型之研究 (Padmanabhan & Waissi, 2016)中提到: 發展雲端之居家能源管理會遇到之挑戰包含互通性、不易管理以及安全性等, 另外, 設計時會遇到的挑戰包含產品之特徵、美學、最佳化以及使用者介面等。

不同於工業機器人, 許多服務型機器人會由無受過專業訓練之使用者所操控 (Waldherr et al., 2000), 因此該機器人應配有更易於使用之使用者介面以促進人與機器人之間的互動。

## 2.5 閘道器之重要性

許多關於智慧家庭之研究都提到閘道器在智慧家庭所扮演之腳色, 像是做為居家中不同產品之銜接橋梁以及外部連結 (Jiang et al., 2004; Park et al., 2008), 或是用以連結不同種類之居家網絡與公共網絡 (Saito et al., 2000); 此外, 現今居家自動化所遭受到之障礙包含他們是由各式各樣之產品製造商生產, 而其產品又各自擁有不同的功能

性目標，因此如果沒有使用閘道器或是轉接器，則會造成許多不同產品之間無法溝通，形成互通性之問題 (Bonino et al., 2008)。

## 2.6 人型機器人之比較

表 2.1 統整四種居家人型機器人，前兩者(Pepper、Asimo)屬於功能型人型機器人，但也附加娛樂型之功能；後兩者(Nao、Zenbo)因身型設計小較偏向於娛樂型機器人。

Pepper 雖然屬於人型機器人，但以結構論述僅能稱其為半個人型機器人，下半身以輪子取代雙腳，包括臀部僅六個自由度，活動機能大幅下降，只可跨越 1.5 公分高度落差之障礙物；上半身具有手臂，但拿持物品之穩定性仍不高。其特點為可透過人類臉部表情和語調讀出情感，並給予不同回覆。





Asimo 總共具有 57 個自由度，為居家人型機器人之首，可執行許多複雜動作以及高行動力，如：爬樓梯、慢速奔跑、推手推車等高難度動作，此外，Asimo 會預測下一個動作而提前改變重心，使得在移動、行走上比起其他機器人都還優異。當雙手持有物品時受到碰撞，則會啟動震動防護系統，避免物品掉落，如真的無法避免，依據手部裝配之重量感測器做出判斷，立即停止動作，以防踩到掉落物。在可執行諸多高難度動作之下，伴隨著極為龐大之重量，假使在居家中不慎跌倒，壓到嬰孩後果可能不堪設想。

Nao 身高僅 58 公分、體重也僅 5.4 公斤，相較於 Pepper 以及 Asimo 可說是迷你型人型機器人，價格也相對便宜，許多學校都用其來教導編程以及進行研究，如走路、跳舞、抓取物品等。此外，他也如 Pepper 一樣可以透過學習肢體語言以及表情來推斷人的情感變化，並表現憤怒、恐懼、幸福等情感。

Zenbo 比起上述三種人型機器人，他缺乏四肢，無法執行搬運、拿取等與手臂相關之動作，另外他僅於頭頂前方具備單一收音麥克風，因此不適合用於過於吵雜之環境，轉輪設計也大幅受到地形上的限制。其主要是針對孩童而設計的，內建互動式遊戲及故事，另一大重點是

整合居家中智能裝置，扮演中央閘道器的角色，不過必須是 ASUS 之產品。

表 2.1 居家人型機器人種類

	Pepper	Asimo	Nao	Zenbo
Sources	(Pepper(機器人), 2017) (SoftBank Corp., 2015 Autumn)	(Asimo Specifications, 2017)	(Nao 產品介紹, 2017)	(OscarCheng, 2016) (Zenbo 規格, 2017)
				
Volume(cm)	121*42.5*48.5	130*45	57.4*27.5*31.1	62*37*37
Weight(kg)	29	48	5.4	10
Velocity(cm/s)	83.33	75(walking) 166.67(running)		30
DoFs	20	57	25	
Heft of hand carrying		0.3,1		

## 2.7 工作研究

何謂工作研究？工作研究是一種技術，用於進行特定作業時確保最佳的人員、機器、材料和能源利用。其涉及方法研究以及工作衡量之技術 (F. B. Gilbreth & Kent, 1911)。圖 2.1 中說明工作研究包含動作研究與時間研究，而動作研究為本研究原則設計之一大要素，因而於 2.6.1 小節以及 2.6.2 小節進行更深入之說明。

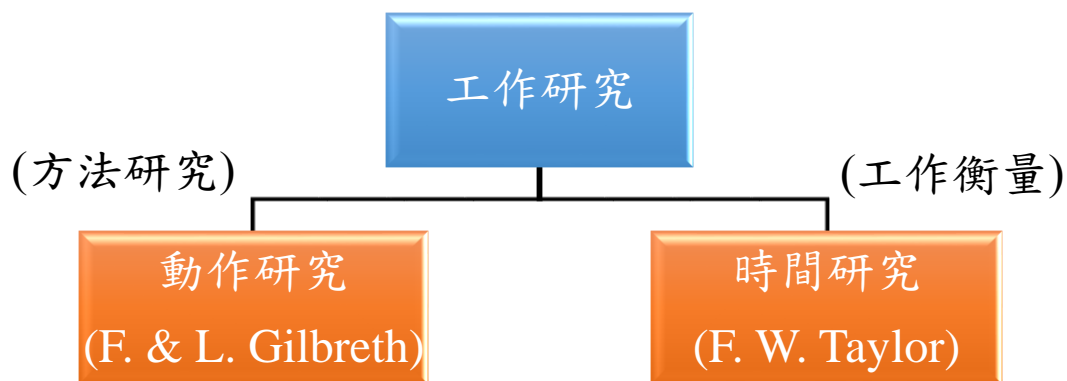


圖 2.1 工作研究之範疇

### 2.7.1 動作研究

Frank Gilbreth 指出動作研究是一種消除不良以及無效率之動作所引起之浪費的科學 (F. B. Gilbreth & Gilbreth, 1919)，透過研究與確定完成一個作業的最佳動作的個數與其組合，亦是將複雜作業分解成最小、最簡單之分析單位 (F. B. Gilbreth & Kent, 1911)，分析後找出最合理之動作，以使作業達到最高效率、省力和標準化之方法 (吉爾布勒斯夫婦的動作研究，2017)。

動作研究之目的在於以下五點 (F. B. Gilbreth & Kent, 1911)：

1. 改善作業之程序；
2. 改善工作場所之佈局；
3. 最小化人員之動作以最小化之人員疲勞；
4. 最大化資源使用率；
5. 改善整體工作環境。

動素(Therblig)為動作研究之重要元素，為一個動作之單元 (F. Gilbreth & Carey, 2013)，吉爾伯斯夫婦將動作之構成分成圖 2.2 動素名稱與符號中十七種動素，而動素分析是將一項作業細分成多個動素，再逐項去除不必要之動素，或合併、組合有效之動素，使動作更有效率。後來由美國機械工程師增加“發現(Find)”這個動素，變成十八種動素 (動素分析，2017)。該 18 項動素又可區分成三大類：第一類：

進行工作之要素(動素 1 至動素 9)；第二類：阻礙第一類之要素進行(動素 10 至動素 14)；第三類：對工作無益之要素(動素 15 至動素 18)。


















動素名稱	文字符號	象形符號	意義
1.伸手 (reach)	RE		空手移動
2.移動 (move)	M		手內握有物體移動
3.握取 (grasp)	G		利用手指或手掌充分控制物體
4.對準 (position)	P		將物體置於特定地點
5.裝配 (assemble)	A		兩個以上物體配合在一起
6.拆卸 (disassemble)	DA		使一物體脫離他物體
7.應用 (use)	U		為操作之目的而使用工具或設備
8.放手 (release)	RL		將所持之物放開
9.尋找 (search)	SH		眼睛或手摸索物體之位置
10.選擇 (select)	ST		從兩個以上相類似物體中選擇其一
11.檢驗 (inspect)	I		檢驗物體是否合乎標準
12.計畫 (plan)	PN		操作進行中，為決定下一步驟所做的考慮
13.預對 (preposition)	PP		將物體在對準之前，預先擺置於對準之位置
14.持住 (hold)	HI		手指或手掌連續握取物體並保持靜止狀態
15.遲延 (unavoidable delay)	UD		在操作中，因不可控制之因素而使工作中斷
16.故延 (avoidable delay)	AD		在操作中，因工人之事故而使工作中斷
17.休息 (rest)	RT		工人因疲勞而休息

圖 2.2 動素名稱與符號

資料來源：譚伯群(1993)。工廠管理，154-155。

### 2.7.2 動作經濟原則

動作經濟原則組成一套改善作業員作業、減少作業員疲勞和不必要之動作所導致受傷之情形的原則 (Principles of motion economy, 2017)。如

表 2.2 動作經濟原則其主要分為四大類：人體、工場佈置與物料處理、工具和設備設計、時間管理 (F. B. Gilbreth & Kent, 1911)。

表 2.2 動作經濟原則

人體
1. 雙手應並用於生產性作業。

2. 雙手應同時開始與同時結束動作。
3. 除了休息的時候，雙手不應同時閒置。
4. 雙手之動作需對稱、同時以及反向。
5. 動作應簡單並涉及最少之四肢。
6. 動作應順暢且連續，不應突然改變方向或停止。
7. 渴望使用動力來幫助作業員。
8. 作業員應使用機械輔助來降低其肌力使用。
<b>工場佈置與物料處理</b>
1. 物料與工具應放置於明確、固定且易取得之地方。
2. 盡可能地使物料、工具與其他機械儀器靠近作業範圍。
3. 盡可能使用重力於輸送帶上，以便各工作站之間的物料運送。
4. 在製與最終產品應落於作業範圍之輸送帶，以便重力使其送至所需位置。
5. 工具與物料最好按照使用需求的順序排列。
6. 良好的照明使作業員看得更清楚、作業更快速及降低意外發生。
7. 為了使肢體放鬆，作業員可時站時坐，其中還必須講求作業員椅子、桌子與作業的高度之間之關係。
8. 為了降低作業員之疲勞，其座椅應舒適且可調動。
9. 所有重物應由機械裝置提起。
<b>工具和設備設計</b>
1. 應使用夾具、固定裝置和腳踏裝置來減少手部之工作量。
2. 工具應具備多用途以及易於使用。
3. 盡可能設計腳踏開關和控制器，以減少手部之工作量。
4. 工具與物料應正確排列並放置靠近於作業範圍。
5. 工具和材料應按使用順序放置。
6. 工具把手和手之間應有最大的接觸表面，這有助於手部力量的適當應用，並減少疲勞。
7. 重力應使用於物料與成品之運輸。
8. 假使作業應由手指進行，每根手指的負荷分佈應按照手指的正常負荷量進行。
9. 作業員進行作業時，應保持彈性的站姿以及舒適的坐姿。
10. 工作人員應該在不改變身體位置的情況下操作工具。
11. 工作環境應擁有適當的人因工程環境，如適當的照明、溫度、濕度以及少量灰塵與噪音等。
<b>時間管理</b>
1. 不應出現因作業員而導致作業突然停擺。
2. 機器設備不應處於閒置，因會使生產力下降與電力浪費。

- |   |
|---|
| 3. 應同時完成兩件或以上之工作，或同時執行兩個或以上之作業。                     |
| 4. 工作之動作數量應最小化。                                     |
| 5. 作業的裝載和卸載以及循環時間應該同步，如同一個作業員可以是多功能的或可以同時操作多台機器的方式。 |

資料來源：翻譯自“*Motion study: Constable London.*” by Gilbreth, F. B., & Kent, R. T., 1911.

## 第三章 研究方法

### 3.1 居家分類

本研究參照 ASHoRED (Bjorneby, 1992)所定義居家中六個功能區塊，其中包含：1.入口、玄關、電梯、樓梯、花園...等；2.廚房；3.客廳；4.臥室；5.浴室；6.一般，根據其四種房間定義機器人與智慧裝置運作之範圍如圖 3.1，將依各種類之房間設計適用於該房間之原則，並在分類中加入“通用”一類，在此類中之原則則適用於各房間。

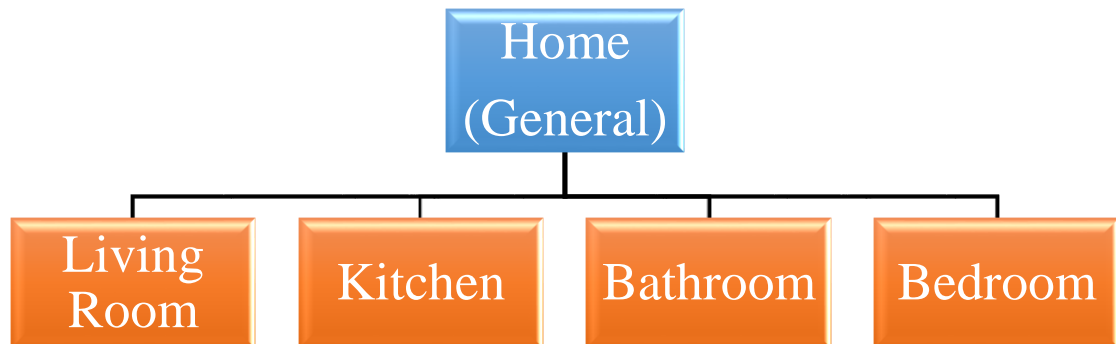


圖 3.1 居家分類

### 3.2 居家智慧產品分類

本研究首先針對是否具有可移動式基底進行分類，如圖 3.2，分為移動式機器人與智慧家電、裝置兩類，圖片左半邊“不具有可移動式基底”再依據是否具有視覺系統分類，“有”則依照通用性原則四 G4—只要是具備最基本的動作—拿與取之機器人，都必須配備視覺系統，因此下一層則是依據手臂進行分類，“有”則屬於具有手臂之智慧型家電—如 Moley Robotics 的機器人廚房，“無”則屬於具有視覺之智慧型裝置—如智慧型監視器，此兩區塊較接近未來性之產品。不具有



視覺系統之機器人則統稱為 i-gizmo，則不需特別區分為智慧家電或是智慧裝置。

圖片右半邊則是具有移動式基底之機器人，主要分為四種：娛樂型機器人、功能型機器人、教育型機器人、智慧家具，娛樂型機器人又區分為娛樂型人型機器人以及玩具兩類，而功能型機器人主要分為：打掃型機器人、人型機器人與其他功能型機器人，由於功能型機器人種類眾多，因此只在圖表中列出主要兩項。

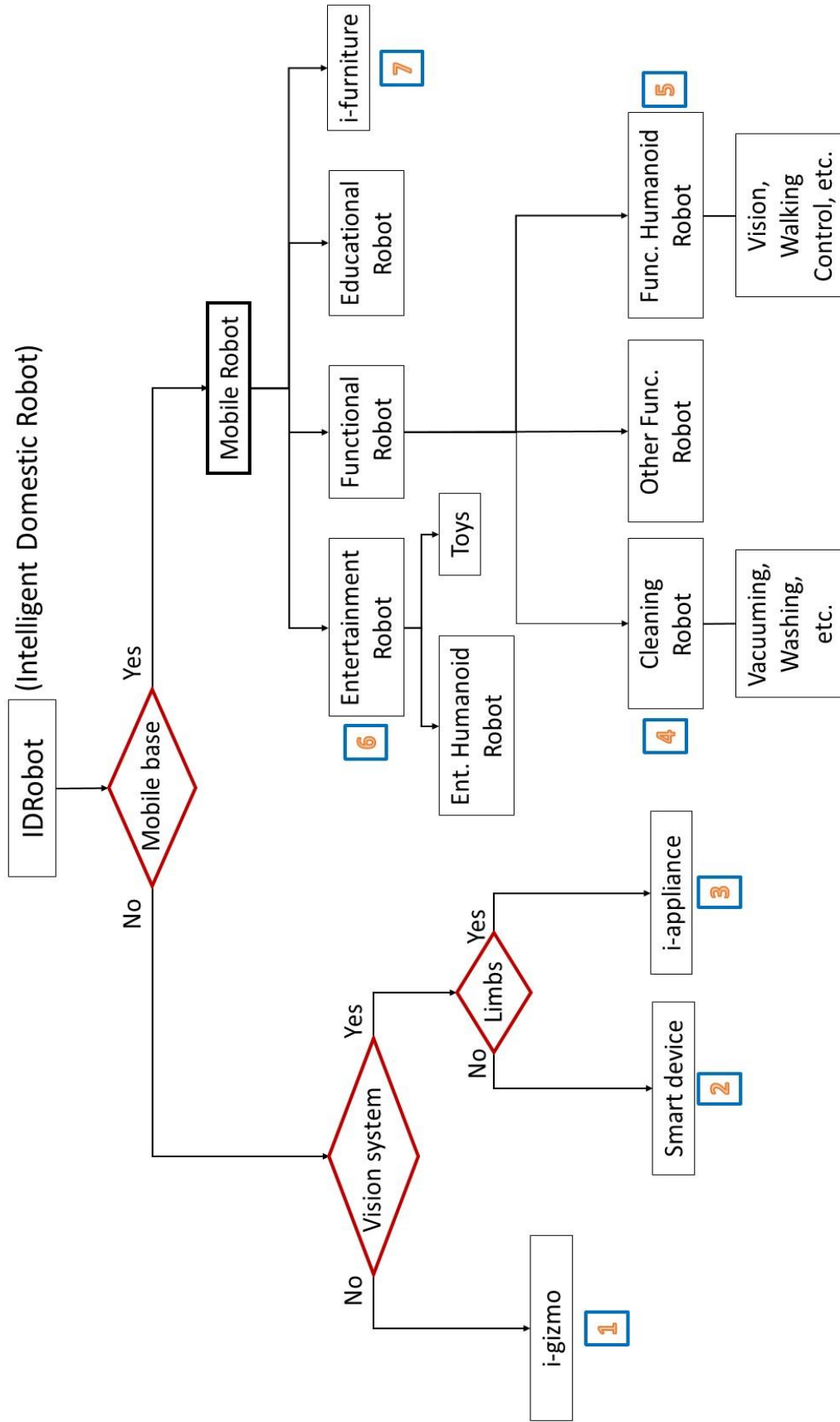


圖 3.2 居家智慧產品架構圖

### 3.3 IDRobot 架構下之產品種類

- 一、種類 1：i-gizmo，屬於定點式但不具備視覺系統：Nest 恆溫器、Philips 照明裝置、Amazon Echo、Samsung 冰箱...，種類廣泛，從收集環境因子之小裝置至裝有電子面板可線上付款之家電。
- 二、種類 2：smart device，屬於定點式、具有視覺系統用來監視或聯絡，但不具備四肢：Nest 監視器、智慧形手機、iBaby 攝相機...
- 三、種類 3：i-appliance，屬於定點式、具有視覺系統，也具備四肢，屬於未來性產品：Moley Robotics 廚房機器人。
- 四、種類 4：cleaning robot，屬於可移動式之功能形機器人中兩大主要種類之一，具備吸塵、洗淨等系統：iRobot Roomba、Dyson 360 Eye、Neato Botvac...。
- 五、種類 5：Func. Humanoid Robot，屬於可移動式之功能型機器人中兩大主要種類之一，具有視覺、行走控制等系統：Softbank Pepper、Fujitsu Enon、Honda Asimo...。
- 六、種類 6：Entertainment Robot，屬於可移動式之娛樂型機器人，無法執行極複雜作業：Aldebaran Nao、UBTECH Alpha、PLEO rb...。
- 七、種類 7：i-furniture，屬於可移動式之智慧傢俱：未來性產品，如 i-end table、i-wardrobe。

### 3.4 原則的歸納步驟

本研究之原則皆以遵循機器人三大公理為前提而設計。

步驟一：探討機器人或智慧裝置進入居家時所受到之限制，包括其實體端與虛擬端，如智慧產品動作或設計因現有居家設計所受到之阻礙，或者居家中家具之功能須配合機器人或智慧裝置，使其能夠更容易與家具互動。

步驟二：依據不同房間類型設計出適用於該房間類型之原則。

步驟三：將智慧產品分類，由於本研究規定智慧產品皆有其活動範圍，因此在原則中加入其對應之智慧產品，藉此規範其活動範圍，並加入文獻於以佐證該原則或是以既有研究推論而出。

## 第四章 居家機器人原則發展

文獻探討中機器人三大法則將作為本研究發展原則必須遵守之法則，由於居家機器人所要服務之對象並非如同工業機器人或大眾型服務機器人，其對象亦包含寵物以及嬰兒，因此，設計居家機器人或其相關原則，必須更注重不傷害人類之原則，也是本研究之原則發展必須遵守之原則。

### 4.1 原則發展

本章節將細部描述各種類房間之原則，通用性原則之代號為 G，客廳之原則代號為 L，廚房之原則代號為 K，衛浴之原則代號為 Ba，臥室之原則代號為 Be，並在原則中放入個案以及相關文獻佐證。

#### 4.1.1 通用性原則

通用性原則為圖 3.1 居家分類中第一階層 Home(General)，居家中任何環境皆須遵守。

表 4.1 彙整通用性原則，並可從表格中得知每條原則對應之智慧居家機器人以及佐證原則之對應文獻。

表 4.1 通用性原則

ID	Principle description	Robotics	Reference
G1	Robots must have ability to recognize who the user is.	1,2,3,5,6	(Alonso-Martín & Salichs, 2011) (De Santis et al., 2008)
G2	Better(simple) physical user interface, lower energy consumption, but customization.	All	(Ruser et al., 2003) (Arshad et al., 2016) (Padmanabhan & Waissi, 2016)
G3	Information (data, image, voice) Gateway is necessary, and all robots must can connect with it.	5	(Bonino et al., 2008) (Jiang et al., 2004)
G4	For the pick-and-place robots, vision system is indispensable.	3,5,6	(Reed,2015) (Kawamura et al., 1996)
G5	Humanoid robots are better to have foot, not only with mobile base.	5	(Chao,2015 年 1 月 9 日) (余志成 et al., 2007)

ID	Principle description	Robotics	Reference
G6	Data backup and transference.	All	
G7	Panoramic cameras should be installed on ceiling in each room, except in bathroom.	2	(Biber et al., 2004) (Unifore product news, 2015) (De Santis et al., 2008)
G8	Humanoid robot may play the role of central gateway.	5	(Breuer & Takanishi, 2009)
G9	Humanoid robot must equip with two or more replaceable batteries, and which can be autonomously replaced.	5	(黃漢邦, 2007)
G10	The robot cannot actively approach resident when it is not performing the task.	4,5,6,7	
G11	The humanoid robot should keep 50cm or more away from resident when it is moving, and velocity is considered.	5	(Walters et al., 2005) (Haddadin et al., 2007; Tonietti et al., 2005)

ID	Principle description	Robotic	Reference
G12	Keep balance after getting dash.	5	(Lim, 2011)
G13	Object designing should not only conform to human to use, but also to the robot to pick-and-place and distinguish.	3,5,6	
G14	Humanoid robot should have ability to process various inputs of sensors.	5	(Alami et al., 2006) (De Santis et al., 2008) (Lee et al., 2005)
G15	Robot with physical Human Robot Interaction should be equipped with tactile/force sensors and non-stiff structure.	3,5,6	(Bicchi et al., 2008) (De Santis et al., 2008) (Duchaine et al., 2009)
G16	Humanoid robot should not be allowed to enter every area.	5	(De Santis et al., 2008)



## 通用性原則一 G1—機器人必須要能分辨使用者

居家機器人與工業機器人最大差異在於所要面對之對象不同，工業機器人主要負責產線上的作業或是運送貨物等，因此，面對不同的命令時，只需針對該命令執行相對動作，不必在乎使用者為何者；而居家機器人則須與不同使用者互動，並依據其認知做出不同之反應 (De Santis et al., 2008)。針對不同使用者時，透過聲音、視覺等辨識，則可區別出使用者，當不同使用者發出相同的指令，後端會透過辨識系統給予不同的結果。

舉例來說，當爸爸與兒子發出相同指令：「我要看電影！」所執行出的電影清單及推薦影片則應不同。

上述之情形只需透過傅立葉轉換 (Punskaya, 2009) 以及與資料庫中樣本比對即可區分出不同使用者，如圖 4.1：

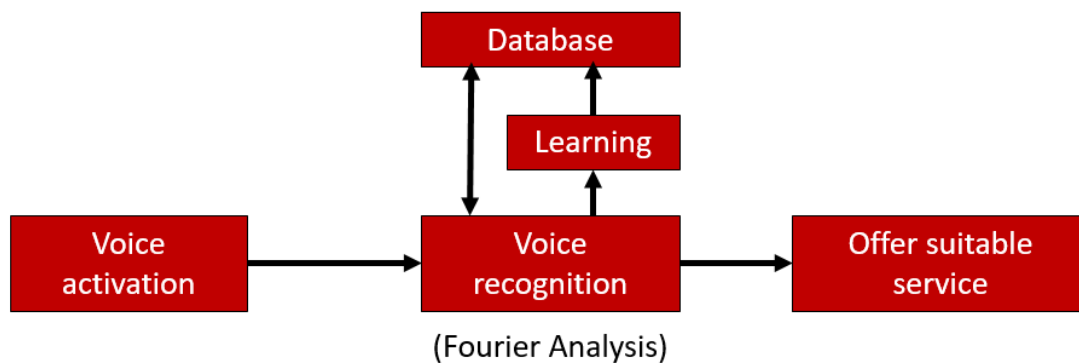


圖 4.1 語音辨識架構圖—傅利葉轉換

此外語音系統也可以進行安全驗證 (Alonso-Martín & Salichs, 2011)，這於登記使用者之層面相當重要。由於機器人執行較具有隱私、危險之指令並非所有使用者皆可得到相同結果，如：確認付款、身分辨識等，因此透過與資料庫中的樣本進行比對則可接受或拒絕該指令。

## 通用性原則二 G2—簡單卻又能自訂的實體使用者介面，可減少能源消耗。

簡單的實體使用者介面是便於新的使用者於使用時容易上手。另外，如同手機或是電腦介面，有一定之規範，但可隨使用者的喜好，

自行設計界面的擺設以及常使用之功能，因此，使用者可以快速搜尋到他想要的功能以及資訊，然而，當使用時間越短，所消耗的能源也就越少。

**通用性原則三 G3—資訊(數據、影像、聲音)閘道器是必備的，所有的機器人、智慧裝置都必須要能與它連結。**

隨著物聯網的時代來臨，越來越多企業創立，導致不同種類、規格的機器人或智慧裝置出現軟體、資訊不相容等情形，閘道器則在其中扮演重要角色，透過閘道器連結居家中所有智慧裝置、機器人，使機器人或智慧裝置不再是數個獨立的個體擺設於居家中，而是形成一群可以相互溝通、合作的網絡。

如圖 4.2，在居家中，當人發出指令給智慧產品時，智慧產品會將透過其感測器、視覺系統等原件蒐集數據，而取得數種不同型態之數據，因此必須透過閘道器將數種不同型態之數據轉換成相同型態，並交由資料中心管理，再透過雲霧端計算分析數據，進而執行指令或進行預測。

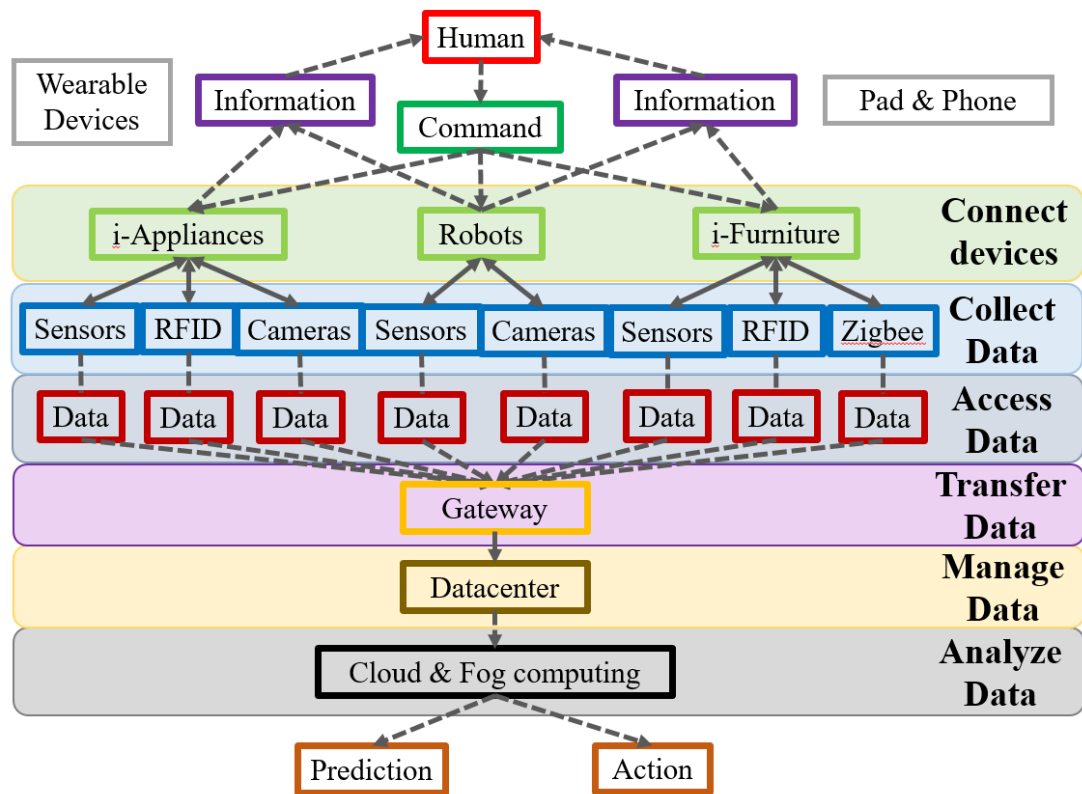


圖 4.2 開道器於居家中扮演之角色

通用性原則四 G4—只要是具備最基本的動作—拿與取之機器人，都必須配備視覺系統。

Moley Robotic 研發出世界上第一個機器人廚房(圖 4.3)，此廚房全部依靠兩隻機械手臂執行拿取調味瓶、拿取鍋具、烹煮等作業並完成數種料理，相當先進，但唯一美中不足之處在於該機器人廚房缺乏視覺系統，所有的調味瓶、鍋具、廚具等都必須放置於特定位置，其樣式也必須相同，機械手臂才有辦法執行作業，否則將會使廚房弄得一蹋糊塗。



圖 4.3 The Moley Robotic Kitchen

資料來源：” Robot chef coming to a kitchen near you in 2017,” by C. REED, 2015, *PBS NEWSHOUR*.

手眼協調對於最基本的拿與取之機器人是不可或缺的，因為它提供了機器人在作業中持續監視以及引導機械手臂的方法 (Kawamura et al., 1996)，一旦當機器人裝配視覺系統，機器人則可自行做出決定、如何拿取物品、產生更多的選擇性，居家中的擺設也不必固定，而使用者也不需將物品放置回相同位置。

**通用性原則五 G5—人型機器人最好是具有“腳”，而不是只有可移動式基底。**

居家中不僅有連接上下樓層的階梯，地上還會有電線，房間與走廊中可能還會出現門檻等，因此當人型機器人只具備可移動式基底時則無法順利通過，而大幅受限其活動範圍。而“腳”可使人型機器人完成更多事情以及克服居家中的地形限制，但基於技術以及與人類的互動，人型機器人可能會跌倒或不小心地傷害到人類。

另一種情形，當人型機器人只有可移動基底時，使用者則必須創造一個無障礙的居家環境，物品也不能隨意丟置於地上，以免擋住人型機器人行進路線。

以軟銀 Pepper 機器人為例，Chao (2015 年 1 月 9 日)在科技報

橘 (TechOrange) 報導中指出，雖然 Pepper 具有輪子可以做出部分複雜的跳舞動作，但操控功能仍存在著一定的限制；此外，其動作都是經過預設的，Pepper 的自主反應功能程度仍然不明。推測在家中，Pepper 將無法協助處理如摺衣服或清理等家事。

#### 通用性原則六 G6—資料繼承

資料繼承一直是電子產品使用者最大的問題，每當遇到電子產品故障或損壞時，如：電腦、手機等，使用者皆會視產品中之資料如寶，想盡辦法要取得這些資料並轉移至新的電子產品。不過即使取得備份資料，使用者也不清楚何種資料可以轉移至新手機，何種不可，各廠牌能支援的資料不甚對稱，例如同樣是音樂檔，HTC Sync Manager 就無法轉移至 iPhone，但 Sony 的工具卻可以；相反地，HTC Sync Manager 可以處理桌布，然而 Sony 卻不行 (David. H, 2016)。而當居家中智慧裝置與機器人逐日普及，遇到上述情形也隨之上升，因此當機器人或智慧裝置損壞時，它們應該具有能力可將蒐集到的尚未上傳之資訊傳至雲端，當使用者購買下一個機器人或智慧裝置時，它們能簡單的自動抓取雲端上符合自己擁有之功能之資訊，如此一來，它們就能不再重零開始蒐集數據，更快速地融入該居家並開始作業。

#### 通用性原則七 G7—全景攝相機應裝配於各房間之天花板上，除廁所及浴室。

當機器人僅能透過裝配於本體之視覺系統找尋物體、辨識在居家中的人類，會花相當多的時間，舉例而言，當父親命令機器人送達一份文件到兒子手上，但當毫無其他視覺系統或是居住者身上之 RFID 標籤等辨識系統，機器人只能逐一房間查看。Biber 等學者 (2004) 將全景相機裝置於移動式機器人上，但 81 平方公尺之環境就需 10 張影像，另外，當目標位置距離初始位置越遠，需要之記憶體就越大，並且只能以漫遊(walk-through)之方式進行搜尋。

除了上述對於縮短機器人執行作業時間為相當重要之事情，機器人本體附載之資料量也是一大問題，當全景攝相機分擔機器人視覺系

統之影像搜尋，機器人可大幅減少執行搜尋過程中的影像檔，進而減少儲存於機器人本體之資料量，因此透過裝配於天花板上的全景攝相機可大幅改善以上兩點問題。此外，安裝於天花板之全景攝相機並不會有死角之問題，也就是不需要安裝許多台傳統型攝相機，使費用降低 (Unifore product news, 2015)，亦可定位人的位置、預測人的行為與動作以及臉部偵測等功能，使機器人在與人之互動中做出更適當之動作 (De Santis et al., 2008)。

#### **通用性原則八 G8—人型機器人應扮演中央閘道器之角色。**

在原則 G3 中指出閘道器是必備的，而在此原則中更強調人型機器人應扮演其中央之角色。

機器人應該被使用於發送、接收節點，並於居家或辦公室中扮演中央閘道器之角色 (Breuer & Takanishi, 2009)。比起定點式家庭基地 (Stationary Femtocell)，移動式家庭基地 (Mobile Femtocell) 可增加居家中服務之範圍，進而降低支出費用與操作成本。

如果居家中增加一位可以執行困難作業之人型機器人，使用者最常發出之指令應為“幫我拿某物品”，此一指令不僅可去除使用者搜尋、行走之時間，還可利用該期間做其他的事，而該指令應可直接傳遞於人型機器人，而非透過其他智慧裝置再傳遞該訊息給人型機器人。由於人型機器人可為居家使用者解決絕大之需求，中央閘道器也必須被其扮演，減少資訊傳遞時間。

#### **通用性原則九 G9—人型機器人須配有兩個以上之可替換式電池，並能夠自動更換。**

當居家中擁有一部人型機器人，因原則 G8 中描述人型機器應扮演中央閘道器之角色，而他與其他閘道器是不可移動的不同，其必須 24 小時待命，換言之，該人型機器人是不能允許被關機的。

於智慧型機器人前瞻技術開發計畫 [I] (黃漢邦, 2007) 中，說明該研究之機器人具備自動交換電池之功能，以及機器人如遇在執行作

業中電力不足時，可回充電站更換新電池，以繼續作業，而非待在充電站完成充電。

而人型機器人必須裝備兩個以上之可替換式電池，目的是保持人型機器人無論是否於更換電池皆擁有電力。

#### **通用性原則十 G10—當機器人無執行作業時，不可主動靠近居住者。**

機器人隨意於居家中移動可能會因此阻礙居住者行進，也可能因此傷害到居住者。當機器人進入居家即成為居家中一份子，特別是人型機器人，居住者不再視其為機器，而是視為人，但機器人運作方式並非如人類之大腦，因此居住者無法準確判斷出機器人靠近之原因，特別是無執行作業時。

#### **通用性原則十一 G11—當人型機器人行進時，應與居住者保持 50 公分以上之距離，並考慮其行進速度。**

根據許多關於舒適範圍研究 (Walters et al., 2005) 中的實驗，包括人往機器人移動之舒適範圍、機器人往人移動之舒適範圍、相互往對方移動之舒適範圍。在人往機器人移動之最可被接受距離為 25 公分，而機器人往人移動之最可被接受距離為 50 公分，因此當相互往對方移動之距離應大於 50 公分。

另外也須同時考量行進速度，當機器人以最大速度移動時，可能會導致極高的傷害，特別是無預期之下的碰撞 (Haddadin et al., 2007; Tonietti et al., 2005)。

#### **通用性原則十二 G12—機器人受到撞擊應保持平衡。**

當人型機器人進入居家，執行許多複雜作業，包含搬運等，該機器人不再是如 Nao 般之微小，而是如軟銀的 Pepper 或 Honda 的 Asimo 般之大小與重量，在第二章文獻探討“人型機器人之比較”中說明其重量分別為 29 公斤以及 48 公斤，對於嬰兒、小孩、寵物可說是相當具有重量，如果該人型機器人意外地跌倒，則可能會造成極大傷害。因

此具有如此重量之人型機器人應具有保持平衡之系統；如遇更大之衝擊，該人型機器人應具備自我犧牲之系統，卸除遭受撞擊之部分，使居住者免於受傷。

### **通用性原則十三 G13—物品之設計不僅應符合於人類，更必須要符合於機器人拿取與辨識**

居家機器人不同於工業機器人在於必須使用相同之終端器(end effector)處理數種不同類型之作業，但就如現今許多物品之設計，皆以人類之角度進行思考與設計，使居家機器人難以或無法拿取，進而無法完成使用者之指令，因此未來產品之設計應藉於居家機器人與人類之觀點進行考量，提升兩者之間之互動品質。

### **通用性原則十四 G14—機器人必須要有能力處理各種感測輸入源**

人機互動是指人與機器人透過共享資訊，使其更了解對方，並達到使用者之目的。提升人機互動之品質必須使機器人能夠藉由多種輸入源，如對話、表情辨識以及手勢等，了解使用者之情緒，並提供不同的答覆。單一種類之互動不足以使機器人推論出人類之意圖，必須搭配視覺或其他方式以解決此一模糊之情形 (De Santis et al., 2008; Lee et al., 2005)。當機器人具備多種感測器與制動器，則能夠於不同環境中獨立執行作業、偵測周遭環境、蒐集更多資訊以進行往後的數據分析以及預測等，而非透過房間中之數種感測器與裝置蒐集 (Alami et al., 2006)，一旦機器人離開該環境，將會大幅減少其功能性。

### **通用性原則十五 G15—實體人機互動之機器人需具有觸覺、力量感測器以及非堅硬之結構。**

多數工業機器人僅需與人具有協同之關係，並非絕對會有身體上之接觸，但居家機器人則必須得與人類有實體上之接觸，因此必須同時考慮到與人身體接觸時的力道以及其結構是否會傷害到人類，並必須要有能力判斷其行為為有意之接觸或意外之碰撞 (De Santis et al., 2008)以及量化評估意外中的傷害風險 (Bicchi et al., 2008)。



具有彈性皮膚之機器人可在受到碰撞時有效的減緩衝擊力量，並透過皮膚中的觸覺感測器、壓力感測器等可立即改變機器人之動作，達到造成之傷害最小化 (Duchaine et al., 2009)；此外，在機器人與人接觸時適當的施力可使人類感到最大的舒適度。

#### **通用性原則十六 G16—人型機器人應限制其活動範圍。**

此一原則應與機器人三大公理並駕齊驅，甚至於機器人三大公理之上，成為人型機器人進入居家首要遵守之最高原則，由於機器人三大公理僅是科幻小說中之理論，無法確實避免潛在危險的形成 (De Santis et al., 2008)。

機器人三大公理中僅規定不得對人類之肉體進行傷害，卻無說明隱私及其他安全之情況，因此本原則將限制人型機器人於居家中可移動之範圍，當人型機器人突然失控或處理器故障等情形，居住者還能有安全空間進行躲藏；另一原因是基於人類之隱私與安全性之問題，衛浴之環境極需隱私，由於人型機器人一定具備視覺系統，因此進入該環境則會帶給居住者不便或不安，此外也於通用性原則七 G7 中提到攝相機不能裝置於衛浴中，另一環境則為嬰幼兒遊戲區，如果該人型機器人具有搬運功能，目前以 Pepper 而言也具有 29 公斤之重，對於嬰幼兒而言相當危險，因此必須規劃一區域為嬰幼兒遊戲區供嬰幼兒遊戲。

與機器人三大公理不同之處在於，目前已有相關技術，而非無法實現之定理，如掃地機器人 Roomba 所搭配之虛擬牆或燈塔，可藉由虛擬牆或燈塔發出之紅外線或超聲波訊號使掃地機器人判斷前方為障礙物，因而繞道；另外一種則是在地上貼黑色絕緣膠帶，使裝配於掃地機器人底部前方之紅外線感測器所發射之紅外線訊號被黑色絕緣膠帶吸收，使掃地機器人判斷前方為具有落差之地形，因而被限制進入該環境。目前許多人型機器人如 Asimo，皆於身前或基底底部安裝超聲波或紅外線感測器，藉此判斷是否可以往前移動或該如何移動，但虛擬牆以及燈塔尚未應用於人型機器人，不過於未來將可成為限制人型機器人活動範圍之技術。

圖 4.4 中，綠色區域為人型機器人可進入之環境，紅色區域則為禁止進入之環境。

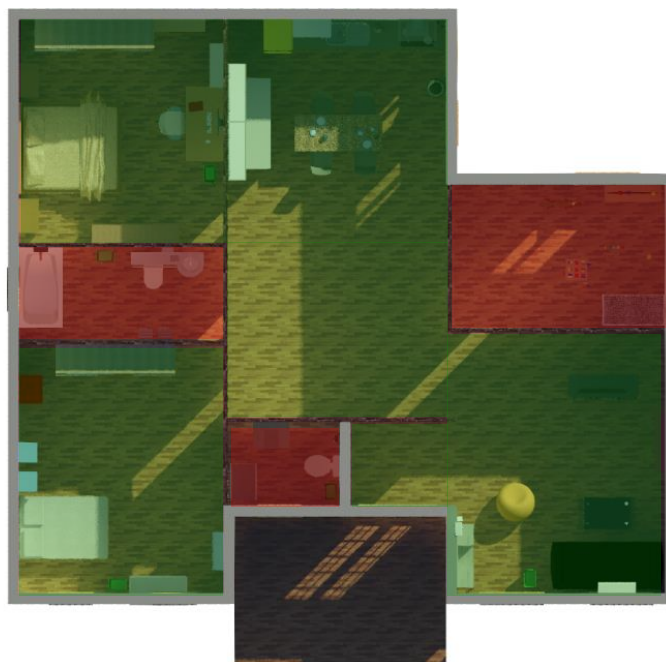


圖 4.4 人型機器人允許與限制進入之區域

### 4.1.2 客廳之原則

客廳之原則對應於圖 3.1 居家分類中第二階層最左邊之 Living Room，圖 4.5 則是細分客廳主要分為娛樂、休憩、儲存以及環境偵測等部分，而在娛樂部分分為電視、玩具、影音；在休憩部分分為沙發、冷氣、地毯等；儲存部分則分為櫥櫃、茶几等；偵測系統分為煙霧警報以及溫度警報等。

表 4.2 將客廳之原則彙整成一張表格，並可從表格中得知每條原則對應之智慧居家機器人以及佐證原則之對應文獻。

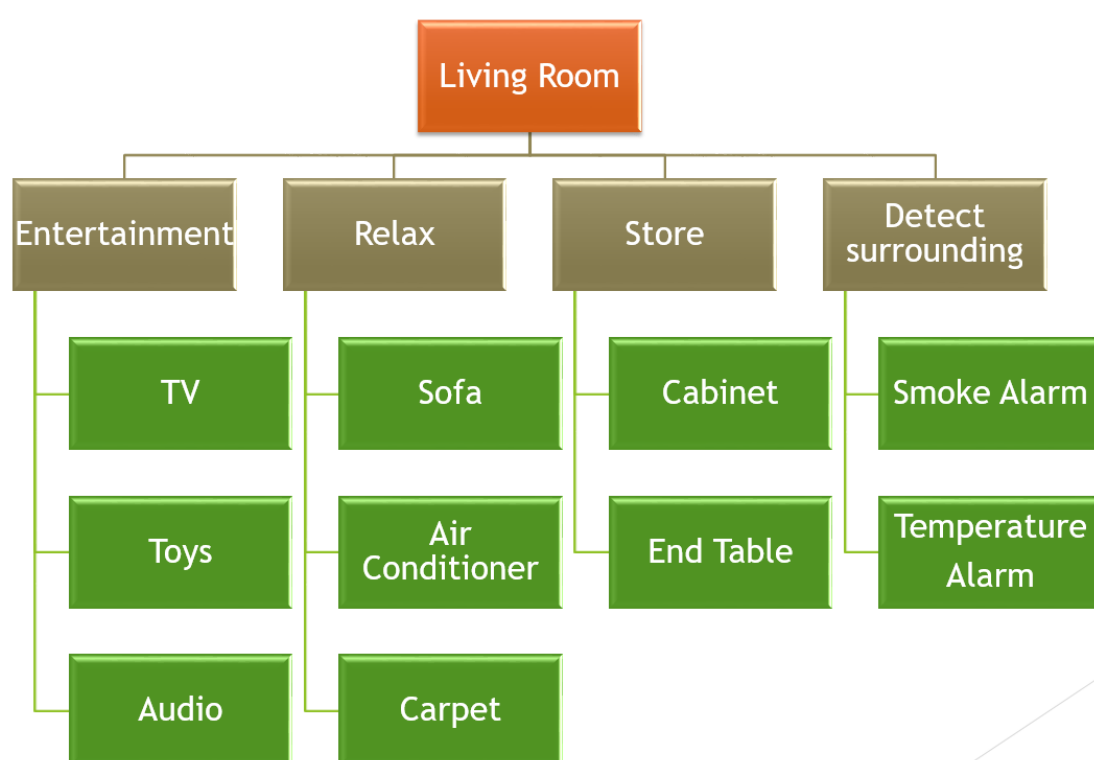


圖 4.5 客廳主要構成要素

表 4.2 客廳之原則

ID	Principle description	Robotics	Reference
L1	Every furniture should be attached with strong wheels.	7	(Gross et al., 2011)
L2	The wheels on the end table is able to connect with humanoid robot.	5,7	
L3	The less miscellaneous objects on the floor, the higher mobility for robot.	4,5,6	(Sung et al., 2007)

### 客廳之原則一 L1-家具皆需安裝堅固的輪子。

以往大部分家具皆不具備輪子，在移動、搬運時相當困難，此外對於目前最普及之掃地機器人而言，如家具不具備角柱或輪子，則無法進入家具底下之地板進行清掃，而往往家具底下之地板又是最容易沉積灰塵的地方。

### 客廳之原則二 L2-茶几之輪子須能與人型機器人溝通。

本研究觀察到從古至今之客廳擺設，沙發前通常會擺放一張茶几，而之間距離僅一個人之寬度，甚至更狹窄，如圖 4.6 與圖 4.7，因此當人型機器人需進入到此狹窄之通道，會有一定之困難度，甚至無法進入到通道中進行作業。

因此，基於客廳之原則一“家具皆需安裝堅固的輪子”，茶几不僅須具備輪子，該輪子還必須能與人型機器人溝通，方能使人型機器人進入其中。

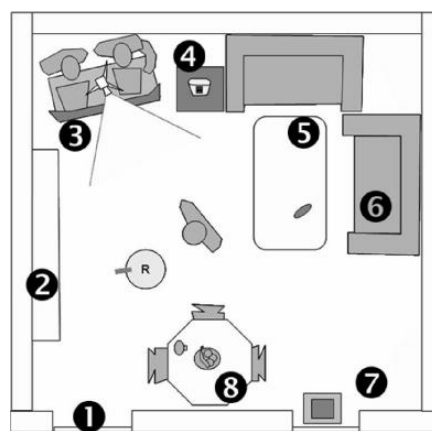


Fig. 3 "Living-room" experiment area

圖 4.6 個案之實驗環境—1

資料來源：“Investigating spatial relationships in human-robot interaction” by Hüttenrauch, H., Eklundh, K. S., Green, A., & Topp, E. A., 2006, October In *Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 5052-5059). IEEE.

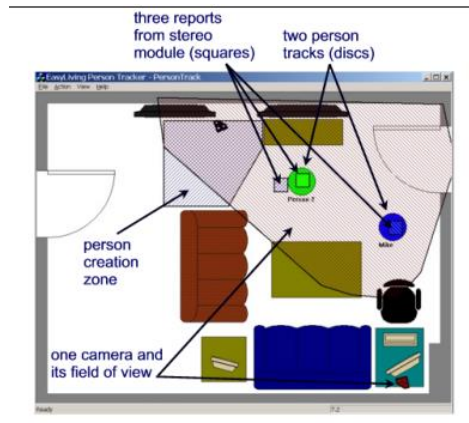


圖 4.7 個案之實驗環境—2

資料來源：“Multi-Camera Multi-Person Tracking for EasyLiving” by Krumm, J., Harris, S., Meyers, B., Brumitt, B., Hale, M., & Shafer, S., 2000, In *Visual Surveillance, 2000. Proceedings. Third IEEE International Workshop on* (pp. 3-10). IEEE.

### 客廳之原則三 L3—地上雜物越少，機器人機動性越高。

客廳通常還包含了幼童之遊戲區，而幼童時常喜歡將玩具隨意放置，導致機器人在行進時受到阻礙，必須花較多時間完成作業，因此，可規劃幼童遊戲區範圍，讓幼童遊戲局限於該範圍，進而使機器人能在客廳行動較自如。

根據研究 (Sung et al., 2007)指出，當家中擁有一台 Roomba 掃地機器人，居住者更會主動撿起地上之較小雜物，因為其雜物可能會傷害到掃地機器人，以及孩童更會拾起隨意丟置之玩具並將其收拾好。受測者指出：「當我們知道隔天 Roomba 掃地機器人要進行清掃，我們前一天會將地面都收拾乾淨，這不僅可提高機器人之機動性，也改善人類的生活習慣。」

### 4.1.3 廚房之原則

廚房之原則對應於圖 3.1 居家分類中第二階層左二之 Kitchen，圖 4.8 則是細分廚房主要分為供食、清潔、儲存食物以及環境偵測等部分，而在供食部分又分為烹煮與用餐兩部分，在烹煮部分分為烤箱、爐、廚具；用餐部分分為餐桌以及餐具；在清潔部分分為洗碗機、垃圾桶、水槽等；儲存食物部分則分為櫥櫃、冰箱等；偵測系統分為煙霧警報以及溫度警報等。

表 4.3 彙整廚房之原則，並可從表格中得知每條原則對應之智慧居家機器人以及佐證原則之對應文獻。

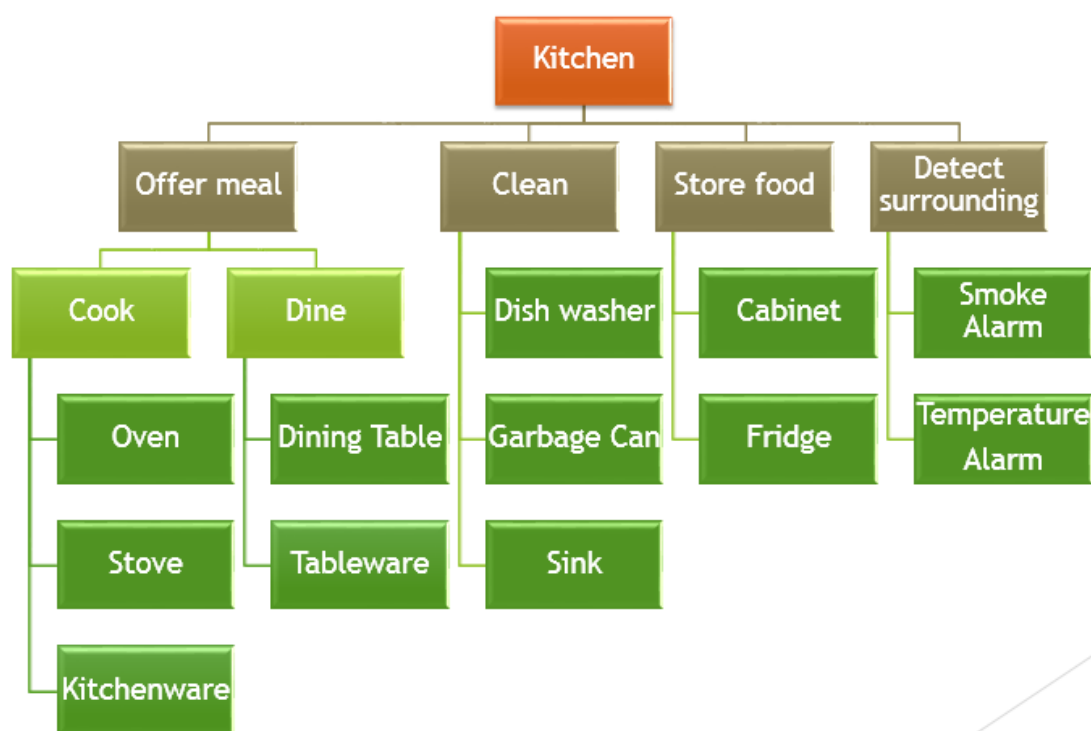


圖 4.8 廚房主要構成要素

表 4.3 廚房之原則

ID	Principle description	Robotics	Reference
K1	Fire/Gas elements have to be replaced by electricity.	1,3,7	
K2	The swinging door should be avoided for the refrigerator.	1,3	(Chitta et al., 2010)
K3	Cabinet should not be installed too high or too low.	7	(Yao-jun & Nai-qun, 2016)
K4	All the Kitchenware and seasoning should be arranged orderly.	1,3	
K5	When someone is close to the cooking robot arm which is working, it must stop working.	1,3	(Danger: robots with knives, 2010) (Simonite, 2014)
K6	Cooking robot arm must have ability to automatically clean its surrounding and its own.	1,3	



### **廚房之原則一 K1—火與瓦斯之能源應被電力所取代。**

對於智慧家庭而言，電力是截然重要也是不可或缺之要素，機器人與智慧裝置皆須依靠電力方能執行作業，原始之家電也必須仰賴電力才能啟動。

當火源以及瓦斯被電力所取代時，不僅減少其它種能量來源，使得更好管控，此外，由於火源以及瓦斯是放能源時難以控制，必須計算空氣流體力學等，才能準確判斷其能源之釋放位置，而電力則不會有上述之問題，也較好管控，對於機器人或烹飪用機械手臂之系統更方便執行作業。

### **廚房之原則二 K2—冰箱之旋轉門應被取代。**

拉出式冰箱門對於人類開關而言相當容易，但對於機械手臂而言，則是較複雜、須經過較多計算方能做出與人類開關門之動作 (Chitta et al., 2010)。而拉出式之冰箱門也須預留拉出後之空間，其空間往往大於人體之寬度，因此可藉由感應及辨識等系統，開啟冰箱門，而冰箱門之形式應改為如超商之自動門向左右展開，其延伸方向應伏貼冰箱外側。

### **廚房之原則三 K3—櫥櫃不應被安裝於過高或過低。**

從動作經濟原則來看，當廚櫃被安裝於過高或過低，須呈現墊腳或是彎腰等動作，如圖 4.9 人機關係圖 (Yao-jun & Nai-qun, 2016)，相較於人類，機器人需花更多時間以及能源方能完成相同動作。當廚櫃安裝適當位置，不僅是人類，機器人也能輕鬆開關廚櫃。

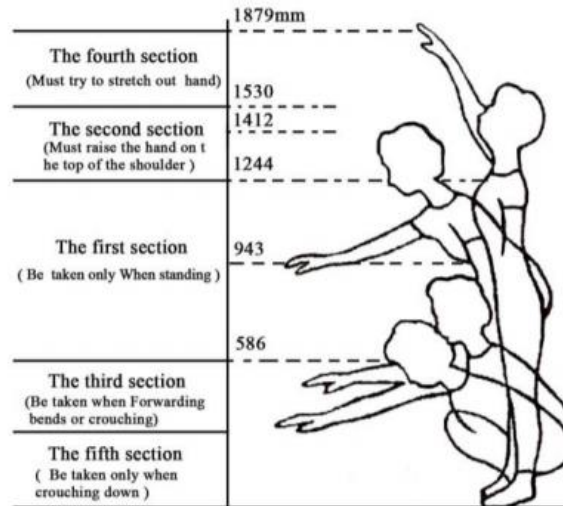


圖 4.9 人機關係圖

資料來源：Yao-jun, S., & Nai-qun, W. (2016). Research on Innovative Design of Shared Refrigerator. *International Journal of Smart Home*, 10(8), 19-28.

#### 廚房之原則四 K4—所有廚具與調味料應整齊地放置。

當機械手臂執行烹飪時，過於雜亂之桌面會使機械手臂無法進行拿取、放置等作業，該原則意旨強調整齊地放置，而非放置於特定位置，此一問題已於通用性原則四“只要是具備最基本的動作—拿與取之機器人，都必須配備攝相機。”中說明。

#### 廚房之原則五 K5—當有人類靠近烹飪中之機械手臂，該機械手臂應立即停止作業，或減少移動幅度。

居家機器人與工業機器人相比免不了的是與人類的互動 (Thrun, 2004)，危險程度也相對提高，德國學者也指出居家中的機器人可能是危險的，特別是當其手上具有尖銳之物體 (Danger: robots with knives, 2010)。一種“速度與分離監測(speed and separation monitoring)”的技術利用雷射感測器使機器人可以在無人環境中執行危險的作業，當有人類接近時則會減緩或是停止動作 (Simonite, 2014)。

基於機器人三大公理，機器人不得傷害人類。當人類尤其是孩童靠近正在烹飪隻機械手臂，可能會因此而燙傷、遭機械手臂撞傷等情形，因此機械手臂應停止作業，停止所有烹煮程序。

**廚房之原則六 K6—烹飪之機械手臂必須要有自動清潔以及周遭清潔之能力。**

廚房中之髒汙來源不僅有水漬，還有油汙等。而清潔之作業不應由人類來完成，而是機械手臂應能自行完成，但基於油汙，機械手臂必須使用清潔劑來清洗其自身與周遭環境，因此機械手臂必須是防水以及防腐蝕。

#### 4.1.4 衛浴之原則

衛浴之原則對應於圖 3.1 居家分類中第二階層右二之 Bathroom，圖 4.10 則是細分衛浴主要分為廁所、沐浴、環境偵測以及其他部分，而在廁所部分又分為馬桶與清潔部分，在清潔部分分為水槽以及垃圾桶；在沐浴部分分為蓮蓬頭、浴缸等；偵測系統分為煙霧警報、溫度警報以及一氧化碳與二氧化碳警報等；其他部分則分為鏡子、櫥櫃等家具。

表 4.4 彙整衛浴之原則，並可從表格中得知每條原則對應之智慧居家機器人以及佐證原則之對應文獻。

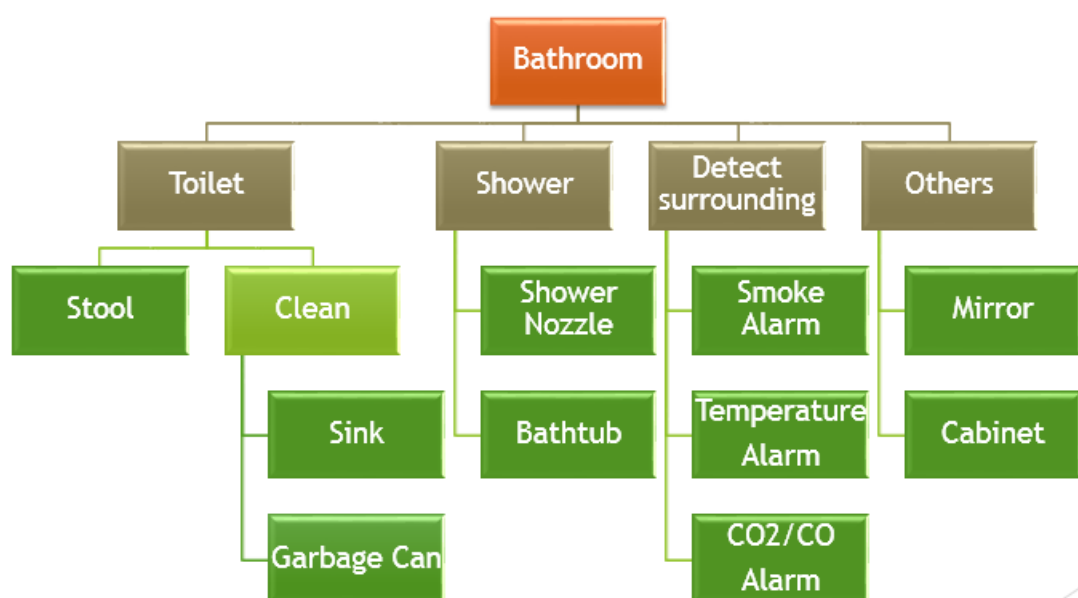


圖 4.10 衛浴主要構成要素

表 4.4 衛浴之原則

ID	Principle description	Robotics	Reference
Ba1	All the intelligent device must be waterproof.	All	(Feng et al., 2016)
Ba2	Exhaust fan should be turn on automatically when the moisture exceeds the limit.	1	(Cevallos, 2011)
Ba3	Traditional faucet should be replaced by digital interface.	7	(Kleist, 2013)

### **衛浴之原則一 Ba1—所有智慧裝置應具有防水功能。**

衛浴為居家中最潮濕之場所，安裝於此之智慧裝置應具備防水功能，以防止水氣、霧氣等滲透進智慧裝置中，使裝置無法正常運作。

如具有壓力感測器之智慧地板特別需要具備防水功能(Feng et al., 2016)，基於衛浴長期處於潮濕狀態，使居住者容易滑倒、發生意外，但又基於隱私，不應於衛浴裝配視覺系統(通用性原則七)，因此有學者開始研究該偵測跌倒系統的方法。

此外，娛樂設備導入衛浴也日亦普及，如 AquaSound 之藍芽音響、電視等影音設備都具有防水功能。

### **衛浴之原則二 Ba2—當濕度超過特定值時，抽風系統應自動開啟。**

現今許多居家之衛浴設計皆是開啟衛浴內電燈，抽風系統才伴隨開啟，這不僅提高智慧裝置損壞之機率，也提升居住者之安全。舉例來說，當某人洗完澡離開衛浴時，關了燈，同時抽風系統也跟著關閉，當下一人進入衛浴時，裡頭依然潮濕，因此抽風系統必須透過感測器搜集濕度、溫度等數據，當濕度超過一定值時，必須能夠自動開啟系統(Kleist, 2013)。此一原則在於保護智慧裝置以及居住者安全，根據文章(Cevallos, 2011)中指出，於衛浴中三分之二之意外原自於濕滑之地板。

### **衛浴之原則三 Ba3—傳統之水龍頭應改為數位介面。**

由圖 4.11 傳統水龍頭示意圖可見，傳統水龍頭對於機械手臂或是其他智慧裝置而言，不僅難以操作，也無法將其信息轉換成可運算之資訊。而數位介面則解決此一問題，溫度、水流量、其他信息等皆可容易的被儲存於資料庫中，再依不同使用者提供其慣用之水流量、溫度等。

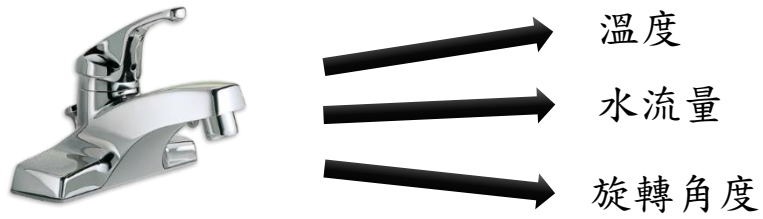


圖 4.11 傳統水龍頭示意圖

資料來源：<https://www.americanstandard-us.com/bathroom/bathroom-sink-faucets/colony-single-handle-4-inch-centerset-bathroom-faucet-16904>

#### 4.1.5 臥室之原則

臥室之原則對應於圖 3.1 居家分類中第二階層最右邊之 Bed Room。圖 4.12 則是細臥室房主要分為睡覺、衣裝、環境偵測以及其他部分，而在睡覺部分分為床、窗簾、枕頭以及棉被；衣裝部分分為衣櫥、梳妝台、衣物等；偵測系統分為煙霧警報以及光源警報等；在其他部分分為櫥櫃、檯燈、影音系統等。

表 4.5 彙整臥室之原則，並可從表格中得知每條原則對應之智慧居家機器人以及佐證原則之對應文獻。

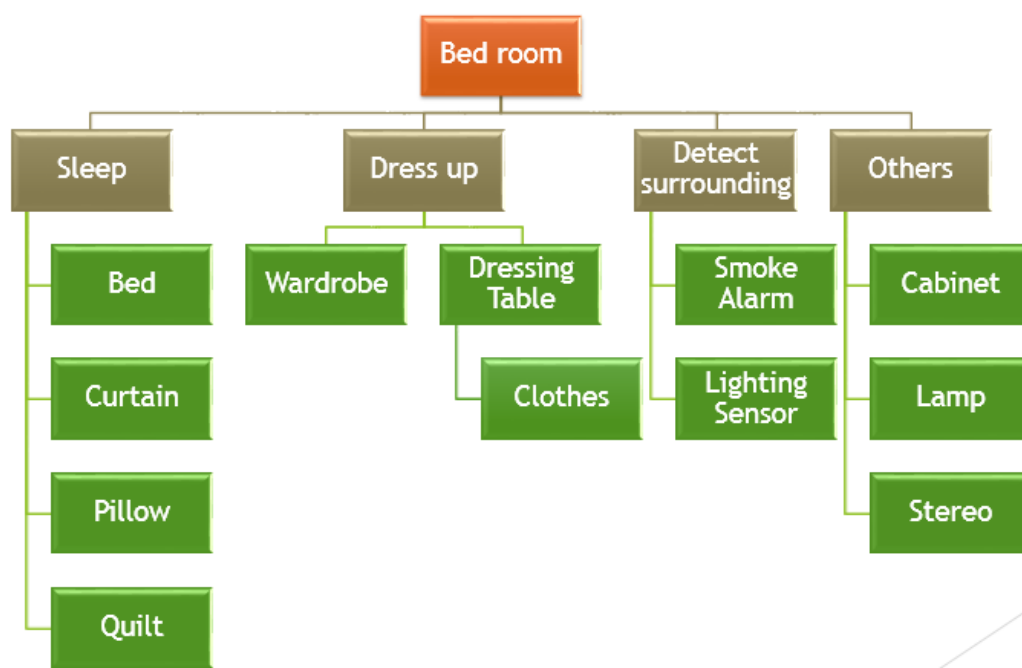


圖 4.12 臥室主要構成要素



表 4.5 臥室之原則

ID	Principle description	Robotics	Reference
Be1	Robot could pick and place the pillow and quilt.	5	
Be2	Every clothes should be hanged in the wardrobe, not folded.	7	
Be3	Hanger should be designed as smart plug and attached with RFID reader.	7	
Be4	Wardrobe should be designed as conveyor.	7	

不同於一般物體，衣物、枕頭、棉被屬於柔韌、不規則之物體，在拿取也會相對困難(Hata et al., 2011)，因此在臥室之原則中大多與如何使機器人較易於拿取衣物有關。

#### 臥室之原則一 Be1— 機器人必須可以拿取與放置枕頭與棉被。

圖 4.13 為 OHEA 智慧床，該床能在 50 秒內自動回復成尚未使用之狀態，但回復系統是依靠繫在枕頭上的線以及床邊的滑軌，使的枕頭與棉被無法任意被拿取與擺放。

因此為了解決此一問題，機器人必須能夠拿取與放置枕頭與棉被，如掉落至地上之棉被，僅須透過裝於枕頭與棉被四角之 RFID 標籤，透過安裝於天花板之全景攝相機即可做出定位，並擺放回原位置。



圖 4.13 OHEA 智慧床

資料來源：“This bed automatically makes itself three seconds after you get up” by Shamsian, J., Griffin, K., 2016, *Business Insider*.

#### 臥室之原則二 Be2— 衣物皆應懸掛至衣櫥中，而非折疊收納。

對於人類而言，折疊收納衣物能節省大量空間，但對於機器人而言反而成為一大麻煩，如何從一堆衣物中拿取其中一件？如何判斷居住者所指定之衣物？皆是一大問題。而當衣物被懸掛至衣櫥時，機器人能夠快速判別出居住者所需之衣物〈臥室之原則三會提及〉，亦容易拿取。

目前市面上開始推出自動摺衣機(FoldiMate)，其功能不僅幫忙摺衣物，還包含除皺功能，但使用者必須將衣物掛至機器當中、衣物大小也有限制，並無相當便利。至於機器送出的摺疊衣物還是必須透過

使用者放置於衣櫃中，一旦當機器人導入居家中，同樣會使機器人遇到相同之問題。

**臥室之原則三 Be3— 衣架應加裝 RFID 讀取器，如智慧插頭般之功能。**

於未來，衣物上裝配 RFID 標籤會日益普及，當衣物掛上裝有 RFID 讀取器之衣架，即能輕易判別出該衣物對應之衣架編號，快速找出衣物，對於機器人而言，也能夠透過此方式與衣櫥溝通，替居住者拿取其指定之衣物。

**臥室之原則四 Be4—衣櫥應被設計為輸送帶之形式。**

該輸送帶形式與洗衣店裡頭的輸送帶一樣，此一設計可改善機器人與傳統衣櫥溝通知情況，並結合臥室之原則三與原則四，使衣櫥可以快速判別並挑選正確之衣物呈現於居住者面前或是供機器人拿取。

## **4.2 居家佈置改善前後之比較**

本章節將利用 Revit 2016 以圖示化方式呈現原有居家設計以及套用原則後小幅度改善之居家設計，更清楚地從中找出差異性。

### 4.2.1 客廳之比較

圖 4.14 為現有居家設計，家具尚未安裝客廳滾輪，使得居家人型機器人難以通過茶几與沙發之間，掃地型機器人也無法順利清掃茶几下方及沙發下方之空間。圖 4.15 為套用於客廳之原則一 L1—家具皆需安裝堅固的輪子以及客廳之原則二 L2—茶几之輪子須能與人型機器人溝通後，使得居家人型機器人可以順利通過茶几與沙發之間，當需要拿取沙發中央之物品也能輕易取得，此外也增加各家具下方之空間，使掃地型機器人得以進如該空間進行清掃。

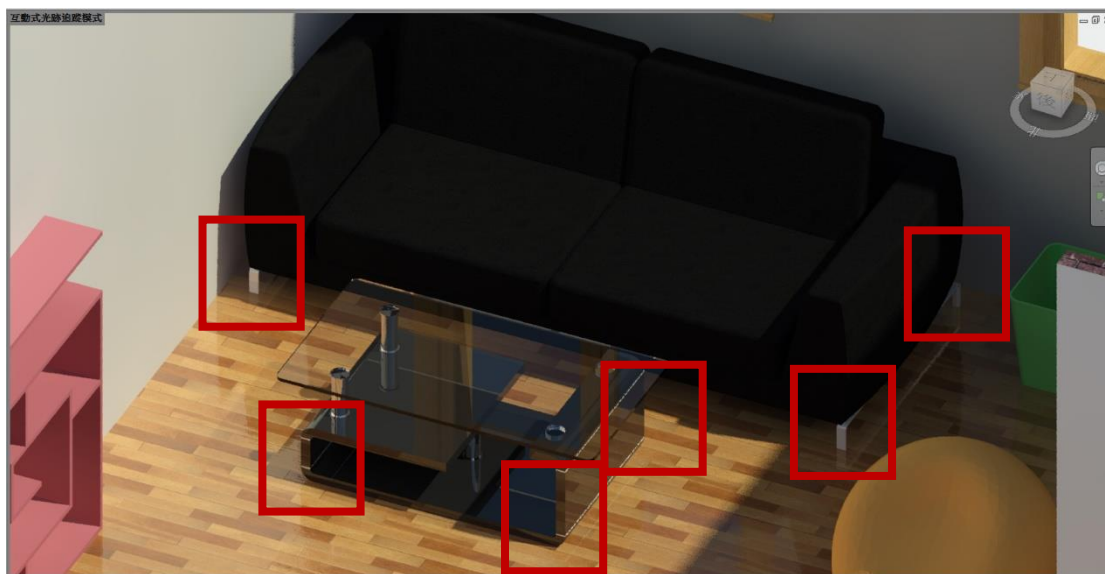


圖 4.14 改善前之茶几與沙發

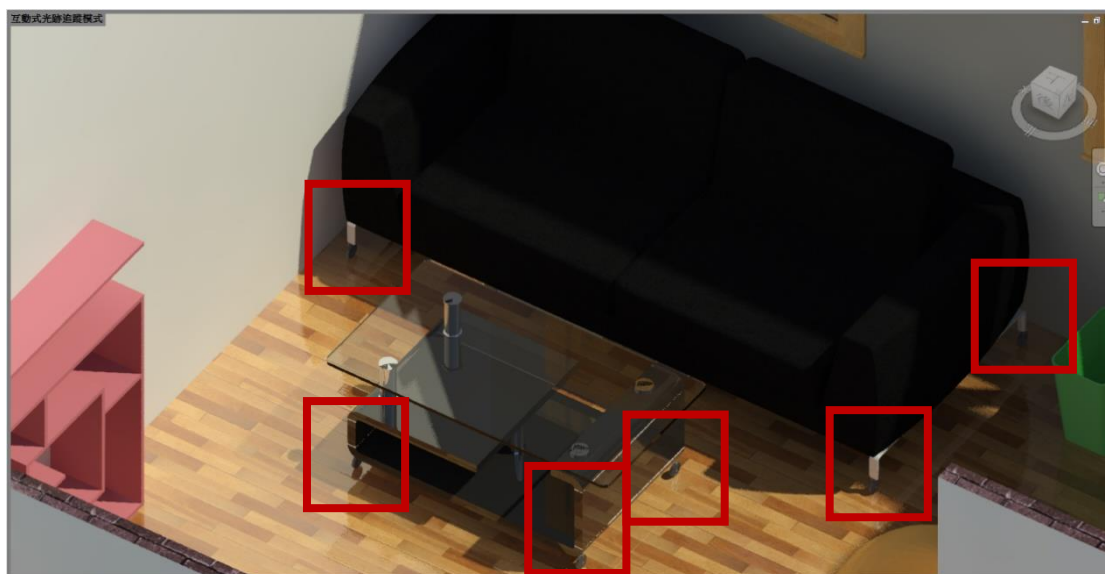


圖 4.15 改善後之茶几與沙發

於圖 4.16 可發現現有居家設計中，多數嬰兒與幼童經常會將玩具放置於客廳地板上，當導入居家基器人後，會使得其活動大幅受到限制，甚至無法執行作業等。

圖 4.17 為套用客廳之原則三 L3—地上雜物越少，機器人機動性越高後，居家設計應規劃孩童遊戲區域或是玩具放置區預，而非零亂放置於客廳或其他居家環境，以免干擾人型機器人行進或是傷害到掃地型機器人。



圖 4.16 改善前之玩具放置位置



圖 4.17 改善後之玩具放置位置

#### 4.2.2 廚房之比較

圖 4.18 為尚未套用原則之前之居家設計，櫥櫃皆是以拉出式把手打開，拿取最上層之物品居住者只需搬墊高物來踩即可取得，但對於人型機器人而言，打開現有櫥櫃屬於相當複雜之動作，過高處也無法到達並拿取物品，因此圖 4.19 將小幅度改善廚房設計，所有櫥櫃皆以感應式方式開啟，不需經過握取把手、向外打開之動作，而上方櫥櫃具有滑軌設計，當使用者或人型機器人需要拿取較高層之物品時，櫥櫃會自動下降，但必須確保櫥櫃下方無障礙物。

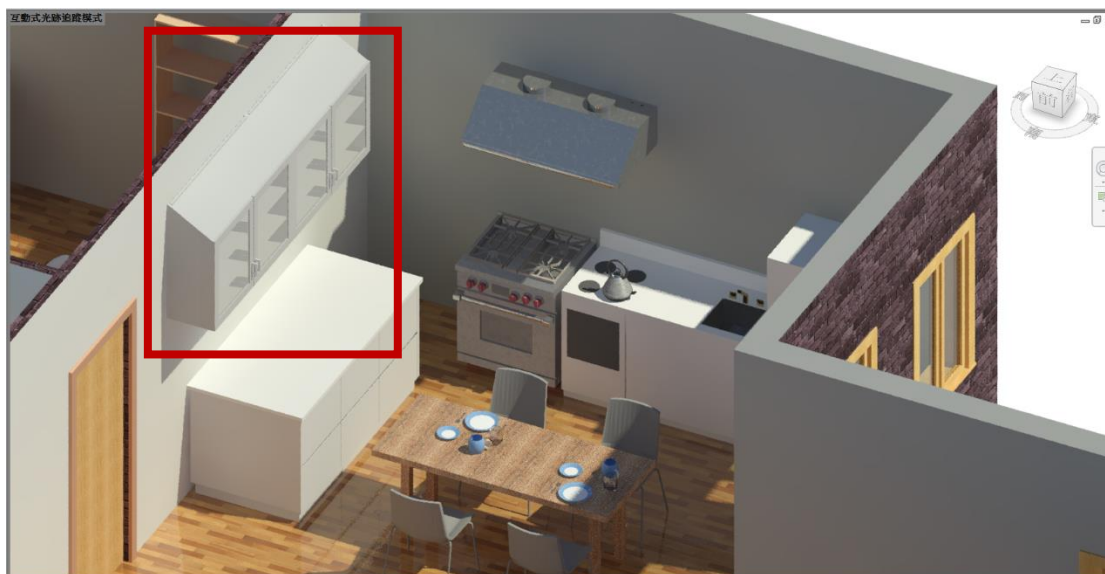


圖 4.18 改善前之廚房設計



圖 4.19 改善後之廚房設計

### 4.2.3 臥室之比較

圖 4.20 為以往衣櫃設計，有懸掛處也有摺疊放置處、把手也為拉出式，雖然易於整理收納，但摺疊放置對於人型機器人而言，無法透過視覺系統判斷該拿取何件衣物，即使衣物上皆有 RFID 標籤，拿取下層之衣物則必須將上層衣物一件一件拿取出來再放置回去，相當複雜。透過圖 4.21 套用臥室之原則二 Be2—衣物皆應懸掛至衣櫥中，而非折疊收納、臥室之原則三 Be3—衣架應加裝 RFID 讀取器，如智慧插頭般之功能以及臥室之原則四 Be4—衣櫥應被設計為輸送帶之形式，人型機器人則可與衣櫃進行溝通，衣櫃會直接將居住者指定之衣物送達至衣櫃門開口處，人型機器人則只需要進行拿取動作即可，減少大量尋找之時間以及執行大量複雜動作。



圖 4.20 改善前之衣櫃設計

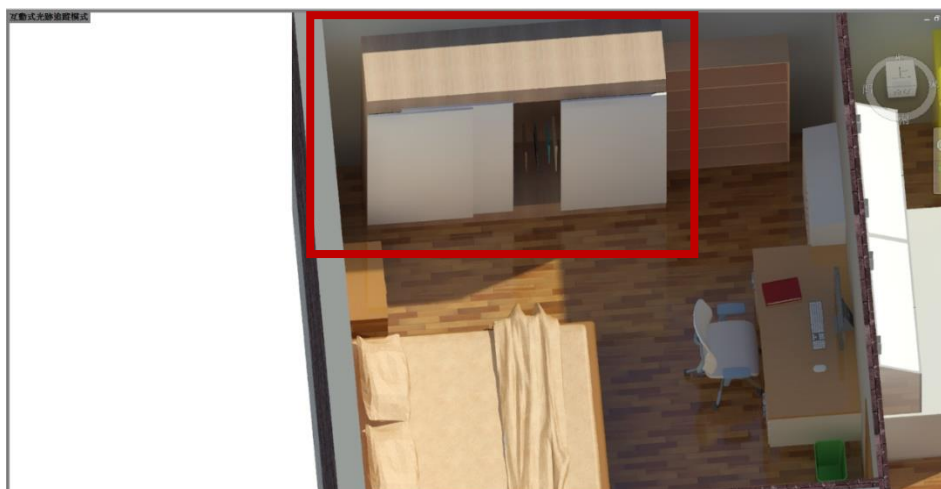


圖 4.21 改善後之衣櫃設計

#### 4.2.4 衛浴之比較

圖 4.22 為傳統水龍頭設計，旋轉式開關雖易於居住者使用，但卻無法使智慧裝置將其信息轉換成可運算之資訊，進而無法提供不同居住者喜愛之水溫、水流量。而圖 4.23 套用衛浴之原則三 Ba3—傳統之水龍頭應改為數位介面，將水龍頭開關設計改成數位面板，智慧裝置則可透過語音系統辨識出不同使用者，以提供不同之水溫及水流量等，使用者也可透過單一面板控制水溫及水流量。



圖 4.22 改善前之水龍頭設計

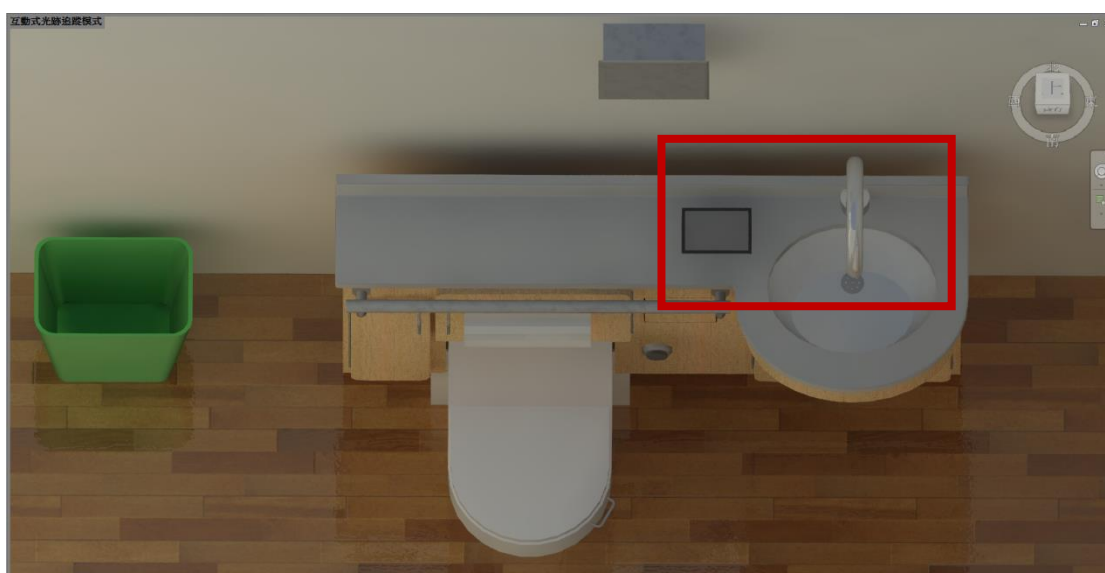


圖 4.23 改善後之水龍頭設計



#### 4.2.5 功能型人型機器人活動範圍

圖 4.24 中綠色區塊為人型機器人可活動之範圍，紅色區塊則為禁止進入之範圍，本研究規範由於隱私問題功能型人型機器人不應進入衛浴，此外功能型人型機器人由於體型過大也不應過於靠近以及接觸嬰幼兒，以免造成不必要之傷害。

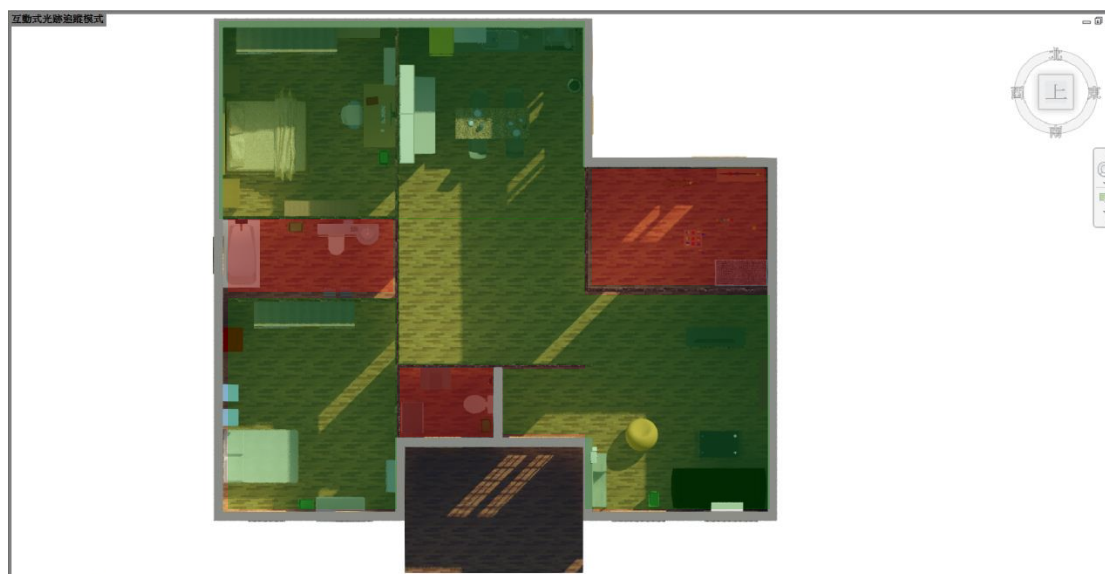


圖 4.24 改善後之居家全貌

### 4.3 以智慧產品歸類原則

本小節將所有上述之原則依據七種智慧居家機器人進行歸類於表 4.6 至表 4.12。

表 4.6 i-gizmo 之原則

種類一：i-gizmo	
Principle ID	Principle descriptions
G1	Robots must have to recognize who the user is.
G2	Better(simple) physical user interface, lower energy consumption, but customization.

Principle ID	Principle descriptions
G6	Data backup and transference.
K1	Fire/Gas elements have to be replaced by electricity.
K2	The swinging door should be avoided for the refrigerator.
K4	All the kitchenware and seasoning should be arranged orderly.
K5	When someone is close to the cooking robot arm which is working, it must stop working.
K6	Cooking robot arm must have ability to automatically clean its surrounding and its own.
Ba1	All the intelligent device must be waterproof.
Ba2	Exhaust fan should be turn on automatically when the moisture exceeds the limits.

表 4.7 smart device 之原則

種類二：smart device	
Principle ID	Principle descriptions
G1	Robots must have to recognize who the user is.
G2	Better(simple) physical user interface, lower energy consumption, but customization.
G6	Data backup and transference.
G7	Panoramic cameras should be installed on ceiling in each room, except in bathroom.
Ba1	All the intelligent device must be waterproof.

表 4.8 i-appliance 之原則

種類三：i-appliance	
Principle ID	Principle descriptions
G1	Robots must have to recognize who the user is.
G2	Better(simple) physical user interface, lower energy consumption, but customization.
G4	For the pick-and-place robots, vision system is indispensable.
G6	Data backup and transference.
G13	Object designing should not only conform to human to use, but also to the robot to pick-and-place and distinguish.
G15	Robot with physical Human Robot Interaction should equipped with tactile/force sensors and non-stiff structure.
K1	Fire/Gas elements have to be replaced by electricity.
K2	The swinging door should be avoided for the refrigerator.
K4	All the kitchenware and seasoning should be arranged orderly.
K5	When someone is close to the cooking robot arm which is working, it must stop working.
K6	Cooking robot arm must have ability to automatically clean its surrounding and its own.
Ba1	All the intelligent device must be waterproof.

表 4.9 cleaning robot 之原則

種類四：cleaning robot	
Principle ID	Principle descriptions
G2	Better(simple) physical user interface, lower energy consumption, but customization.
G6	Data backup and transference.
G10	The robot cannot actively approach resident when it is not performing the task.
L3	The less miscellaneous objects on the floor, the higher mobility for robot.
Ba1	All the intelligent device must be waterproof.

表 4.10 Func. Humanoid Robot 之原則

種類五：Func. Humanoid Robot	
Principle ID	Principle descriptions
G1	Robots must have to recognize who the user is.
G2	Better(simple) physical user interface, lower energy consumption, but customization.
G3	Information (data, image, voice) Gateway is necessary, and all robots must can connect with it.
G4	For the pick-and-place robots, vision system is indispensable.
G5	Humanoid robots are better to have foot, not only with mobile base.
G6	Data backup and transference.
G8	Humanoid robot may play the role of central gateway.

Principle ID	Principle descriptions
G9	Humanoid robot must equip with two or more replaceable batteries, and which can be autonomously replaced.
G10	The robot cannot actively approach resident when it is not performing the task.
G11	The humanoid robot should keep 50cm or more away from resident when it is moving.
G12	Keep balance after getting dash.
G13	Object designing should not only conform to human to use, but also to the robot to pick-and-place and distinguish.
G14	Humanoid robot should have ability to process virous inputs of sensors.
G15	Robot with physical Human Robot Interaction should equipped with tactile/force sensors and non-stiff structure.
G16	Humanoid robot should not be allowed to enter every area.
L2	The wheel on the end table is able to connect with humanoid robot.
L3	The less miscellaneous objects on the floor, the higher mobility for robot.
Ba1	All the intelligent device must be waterproof.
Be1	Robot could pick and place the pillow and quilt.

表 4.11 Entertainment Robot 之原則

種類六：Entertainment Robot	
Principle ID	Principle descriptions
G1	Robots must have to recognize who the user is.
G2	Better(simple) physical user interface, lower energy consumption, but customization.
G4	For the pick-and-place robots, vision system is indispensable.
G6	Data backup and transference.
G10	The robot cannot actively approach resident when it is not performing the task.
G13	Object designing should not only conform to human to use, but also to the robot to pick-and-place and distinguish.
G15	Robot with physical Human Robot Interaction should equipped with tactile/force sensors and non-stiff structure.
L3	The less miscellaneous objects on the floor, the higher mobility for robot.
Ba1	All the intelligent device must be waterproof.

表 4.12 i-furniture 原則

種類七：i-furniture	
Principle ID	Principle descriptions
G1	Robots must have to recognize who the user is.
G2	Better(simple) physical user interface, lower energy consumption, but customization.

Principle ID	Principle descriptions
G6	Data backup and transference.
G10	The robot cannot actively approach resident when it is not performing the task.
L1	Every furniture should be attached with strong wheels.
L2	The wheel on the end table is able to connect with humanoid robot.
K1	Fire/Gas elements have to be replaced by electricity.
K3	Cabinet should not be installed too high or too low.
Ba1	All the intelligent device must be waterproof.
Ba3	Traditional faucet should be replaced by digital interface.
Be2	Every clothes should be hanged in the wardrobe, not folded.
Be3	Hanger should be designed as smart plug and attached with RFID.
Be4	Wardrobe should be designed as conveyer.

## 第五章 討論

本研究不僅針對居家之房間種類進行分類，也將居家機器人做分類。房間類型分為：客廳、廚房、衛浴以及臥室；而居家機器人則分為 i-gizmo、智慧裝置、智慧家電、娛樂型機器人、功能型機器人、教育型機器人、智慧家具等。

在通用性原則中，我們可以發現居家機器人與工業機器人具有極大之差異，服務對象與環境多變性為主要差異，居家機器人必須根據不同使用者提供不同服務；智慧裝置之多樣化也使閘道器必須扮演重要角色，方能使智慧裝置相互連結；此外，居家人型機器人時長得與居住者互動，因此必須確保機器人不會傷及人類並保持適當距離與速度。

在客廳原則中，可發現沙發與電視之間的茶几會造成人型機器人行動時的阻礙，而在現有居家設計中家具至地板大多都無預留空間，時常堆積塵埃、髒汙，使掃地機器人無法順利進入打掃，因此必須將傢俱底部預留空間並裝載智慧輪子，使機器人可與其溝通。

在廚房原則中，可以發現電力比瓦斯好控制，也較易於機器人作業；廚櫃、冰箱之現有設計必須設置於機器人更容易觸及之地方以及旋轉門有礙於機器人進行相關作業；烹飪之機械手臂必須要能夠感測周圍，有居住者或其他物體靠近時須停止作業，此外也需具備自動清洗自身與周遭之能力。

在衛浴原則中，潮濕為主要問題，因此原則中則主要針對改善潮濕進行設計，以及未來智慧產品如需進入衛浴則必須具有防水之功能。

在臥室原則中，可發現當人型機器人導入後現有居家設計會增加其進行作業之困難度，以及發現現有之智慧家具設計還是以人類的觀點設計，依然無法降低人型機器人作業之困難度。

透過本研究之原則發展，克服既有研究之實驗環境以及其它特定環境，適用於各類型之居家環境，並小幅度重新設計居家結構、家具等，減少機器人與智慧展品於居家中受到之阻礙，進而提升其作業之



效率。本研究中每條設計之原則皆有對應特定之居家機器人種類，應而無須逐條遵守。

未來研究方向將會繼續發展更多相關原則，並隨科技發展進步進行修改或刪除既有原則。

## 參考文獻

1. 36 氬(2016 年 7 月 01 日)。機器人三大法則太過簡單？微軟 CEO 發表 AI 人工智慧的六大法則。**T 客邦**。取自 <http://www.techbang.com/posts/44430-three-laws-of-robotics-is-too-simple-google-ceo-made-ai-ten-principles>
2. David. H.(2016 年 12 月 14 日)。吸引 iPhone 用戶跳槽，iOS 版 Google Drive 將支援備份連絡人、行事曆。3C 新報。  
取自 <https://ccc.technews.tw/2016/12/14/new-google-drive-for-ios/>
3. Jack Chao(2015 年 1 月 9 日)。法、日聯手！第一代可以買回家的人形機器人 Pepper 到底是怎麼生出來的？。TechOrange 科技報橘。取自 <https://buzzorange.com/techorange/2015/01/09/how-aldebaran-robotics-built-its-friendly-humanoid-robot-pepper/>
4. Nao 產品介紹(2017)。日鵬股份有限公司。  
取自 <http://www.nao.com.tw/product>
5. OscarCheng(2016 年 12 月 21 日)。華碩 Zenbo 家用機器人即將開賣，兩萬有找！。ePrice 科技新聞。  
取自 <http://www.eprice.com.tw/tech/talk/1186/5009099/1/>
6. Pepper(機器人)(2017 年 2 月 25 日)。維基百科，自由的百科全書。取自 [https://zh.wikipedia.org/wiki/Pepper\\_\(機器人\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/Pepper_(機器人))
7. Zenbo 規格(2017)。Asus。  
取自 <https://zenbo.asus.com/tw/product/specifications/>
8. 吉爾布勒斯夫婦的動作研究(2017)。MBA 智庫百科，全球最大的中文經營百科。取自 <http://wiki.mbalib.com/zh-tw/吉尔布勒斯夫妇的动作研究>
9. 余志成, 林燁敏, 張書榮(2007 年十一月三十日)。自主性具跨越功能之輪型居家清掃機器人的研發。載於國立高雄第一科技大學 (頁 1-8), **高雄市**。
10. 動素分析(2017)。MBA 智庫百科，全球最大的中文經營百科。取自 <http://wiki.mbalib.com/zh-tw/动素分析>
11. 黃漢邦。智慧型機器人前瞻技術開發計畫〔I〕。取自 <http://140.112.114.62/handle/246246/77735>
12. 機器人三大定律(2016 年 11 月 11 日)。維基百科，自由的百科全書。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/機器人三大定律>
13. 譚伯群(1988)。工廠管理。三民書局。
14. Alami, R., Albu-Schäffer, A., Bicchi, A., Bischoff, R., Chatila, R., De Luca, A., . . . Hirzinger, G. (2006). *Safe and dependable physical human-robot interaction in*

- anthropic domains: State of the art and challenges*. Paper presented at the Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference.
15. Alonso-Martín, F., & Salichs, M. A. (2011). Integration of a voice recognition system in a social robot. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 42(4), 215-245.
  16. Arshad, A., Khan, S., Midi, N. S., & Alam, A. (2016). Daily activity monitoring of an elderly Person for determining their wellness. *International Journal of Smart Home*, 10, 339-346.
  17. Asimo Specifications. (2017). ASIMO The World's Advanced Humanoid Robot. Retrieved from <http://asimo.honda.com/asimo-specs/>
  18. Biber, P., Andreasson, H., Duckett, T., & Schilling, A. (2004). *3D modeling of indoor environments by a mobile robot with a laser scanner and panoramic camera*. Paper presented at the Intelligent Robots and Systems, 2004.(IROS 2004). Proceedings. 2004 IEEE/RSJ International Conference.
  19. Bicchi, A., Peshkin, M. A., & Colgate, J. E. (2008). Safety for physical human–robot interaction *Springer handbook of robotics* (pp. 1335-1348): Springer.
  20. Bjorneby, S. WP1: User Requirements, Tide 101. 1992: ASHoRED.
  21. Bonino, D., Castellina, E., & Corno, F. (2008). The DOG gateway: enabling ontology-based intelligent domotic environments. *IEEE transactions on consumer electronics*, 54(4), 1656-1664.
  22. Breuer, H., Takanishi, A. (2009). Robotic human science and humanoid robot development in Japan. Technology Radar Feature Paper, Edition II, Waseda University Japan
  23. Cevallos, M., HealthKey (2011, June 09). Thousands of injuries occur in bathroom each year, CDC reports. *Los Angeles Times*. Retrieved from <http://articles.latimes.com/2011/jun/09/news/la-heb-bathroom-injuries-20110609>
  24. Chitta, S., Cohen, B., & Likhachev, M. (2010). *Planning for autonomous door opening with a mobile manipulator*. Paper presented at the Robotics and Automation (ICRA), 2010 IEEE International Conference.
  25. Danger: robots with knives could attack humans accidentally. (2010, May 7). *The Telegraph*. Retrieved from [http://www.telegraph.co.uk/news/science/science-news/7692660/Danger-robots-with-knives-could-attack-humans-accidentally.html#disqus\\_thread](http://www.telegraph.co.uk/news/science/science-news/7692660/Danger-robots-with-knives-could-attack-humans-accidentally.html#disqus_thread)
  26. Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: dimensions of human–robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 679-704.
  27. De Santis, A., Siciliano, B., De Luca, A., & Bicchi, A. (2008). An atlas of physical human–robot interaction. *Mechanism and Machine Theory*, 43(3), 253-270.

28. Duchaine, V., Lauzier, N., Baril, M., Lacasse, M.-A., & Gosselin, C. (2009). *A flexible robot skin for safe physical human robot interaction*. Paper presented at the Robotics and Automation, 2009. ICRA'09. IEEE International Conference.
29. Feng, G., Mai, J., Ban, Z., Guo, X., & Wang, G. (2016). Floor pressure imaging for fall detection with fiber-optic sensors. *IEEE Pervasive Computing*, 15(2), 40-47.
30. Fong, T., Thorpe, C., & Baur, C. (2001). *Collaboration, dialogue and human-robot interaction, 10th international symposium of robotics research (lorne, victoria, australia)*. Paper presented at the Proceedings of the 10th International Symposium of Robotics Research.
31. Gilbreth, F. B., & Gilbreth, L. M. (1919). USA. **Applied motion study**.
32. Gilbreth, F. B., & Kent, R. T. (1911). USA. **Motion study: Constable London**.
33. Goodrich, M. A., & Schultz, A. C. (2007). Human-robot interaction: a survey. *Foundations and trends in human-computer interaction*, 1(3), 203-275.
34. Greenough, J.(2016, October 18). The US smart home market has been struggling — here's how and why the market will take off. *TECH INSIDER*. Retrieved from <http://www.businessinsider.com/the-us-smart-home-market-report-adoption-forecasts-top-products-and-the-cost-and-fragmentation-problems-that-could-hinder-growth-2015-9>
35. Gross, H.-M., Schroeter, C., Mueller, S., Volkhardt, M., Einhorn, E., Bley, A., . . . Merten, M. (2011). *Progress in developing a socially assistive mobile home robot companion for the elderly with mild cognitive impairment*. Paper presented at the Intelligent Robots and Systems (IROS), 2011 IEEE/RSJ International Conference.
36. Haddadin, S., Albu-Schäffer, A., & Hirzinger, G. (2007). *Safe Physical Human-Robot Interaction: Measurements, Analysis and New Insights*. Paper presented at the ISRR.
37. Haddadin, S., Albu-Schaffer, A., & Hirzinger, G. (2008). *The role of the robot mass and velocity in physical human-robot interaction-Part I: Non-constrained blunt impacts*. Paper presented at the Robotics and Automation, 2008. ICRA 2008. IEEE International Conference on.
38. Hata, S., Hojoh, H., Toda, M., & Hamada, T. (2011). *Cloth handling system for linen supply indust*. Paper presented at the Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference.
39. Hüttenrauch, H., Eklundh, K. S., Green, A., & Topp, E. A. (2006). *Investigating spatial relationships in human-robot interaction*. Paper presented at the Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference.
40. Unifore product news (2015, November 13). Irresistible benefits of panoramic security cameras. *UNIFORE secure your home&business*. Retrieved from

<http://www.hkvstar.com/product-news/irresistible-benefits-of-panoramic-security-cameras.html>

41. Jiang, L., Liu, D.-Y., & Yang, B. (2004). *Smart home research*. Paper presented at the Machine Learning and Cybernetics, 2004. Proceedings of 2004 International Conference.
42. Karpathy, Z. (2014 July). European Connected and Smart Home Market overview. *BSRIA*. Retrieved from <https://www.bsria.co.uk/news/article/european-connected-and-smart-home-market-overview/>
43. Kawamura, K., Wilkes, D. M., Pack, T., Bishay, M., & Barile, J. (1996). *Humanoids: Future robots for home and factory*. Paper presented at the International symposium on humanoid robots.
44. Kleist, J. (2013, February 22). Beat Bathroom Moisture with DewStop. *Technology Tell*. Retrieved from <http://www.technologytell.com/hometech/93295/beat-moisture-with-dewswitch/>
45. Krumm, J., Harris, S., Meyers, B., Brumitt, B., Hale, M., & Shafer, S. (2000). Multi-camera multi-person tracking for easy living. In *Visual Surveillance, 2000. Proceedings. Third IEEE International Workshop on* (pp. 3-10). IEEE.
46. Lee, K. W., Kim, H.-R., Yoon, W. C., Yoon, Y.-S., & Kwon, D.-S. (2005). *Designing a human-robot interaction framework for home service robot*. Paper presented at the Robot and Human Interactive Communication, 2005. ROMAN 2005. IEEE International Workshop.
47. Li, R. Y. M., Li, H. C. Y., Mak, C. K., & Tang, T. B. (2016). Sustainable Smart Home and Home Automation: Big Data Analytics Approach. *International Journal of Smart Home*. 10(8), 177-198.
48. Lim, A. (2011). A New Way for Robots to Balance on Two Feet [Web blog message]. Retrieved from <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/a-new-way-for-robots-to-balance-on-two-feet>
49. Nadella, S. (2016, JUNE 28 ). The partnership of the future. Microsoft's CEO explores how humans and A.I. can work together to solve society's greatest challenges [Web blog message]. Retrieved from [http://www.slate.com/articles/technology/future\\_tense/2016/06/microsoft\\_ceo\\_satya\\_nadella\\_humans\\_and\\_a\\_i\\_can\\_work\\_together\\_to\\_solve\\_society.html](http://www.slate.com/articles/technology/future_tense/2016/06/microsoft_ceo_satya_nadella_humans_and_a_i_can_work_together_to_solve_society.html)
50. Nao(Robot). (2017, March 1). From Wikipedia, the free encyclopedia. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nao\\_\(robot\)&action=history](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nao_(robot)&action=history)
51. Nickel, K., & Stiefelhagen, R. (2007). Visual recognition of pointing gestures for human-robot interaction. *Image and vision computing*, 25(12), 1875-1884.

52. Padmanabhan, P., & Waissi, G. R. (2016). Cloud-based Home Energy Management (HEM) and Modeling of Consumer Decisions. *International Journal of Smart Home*, 10(8), 213-232.
53. Park, W.-K., Choi, C.-S., Lee, H., & Park, K.-R. (2008). *Energy efficient home gateway based on user service traffic in always-on home network environment*. Paper presented at the Advances in Electronics and Micro-electronics, 2008. ENICS'08. International Conference.
54. Principles of motion economy. (2017). From Wikipedia, the free encyclopedia. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Principles\\_of\\_motion\\_economy](https://en.wikipedia.org/wiki/Principles_of_motion_economy)
55. Punsakaya, E. (2009, January). Brief Review of Fourier Analysis. Retrieved from University of Cambridge, Engineering Department, website: [http://fisika.ub.ac.id/web/sites/default/files/L02-Brief\\_Review\\_of\\_Fourier\\_Analysis.pdf](http://fisika.ub.ac.id/web/sites/default/files/L02-Brief_Review_of_Fourier_Analysis.pdf)
56. Reed, C. (2015, April 18). "Robot chef coming to a kitchen near you in 2017". Public Broadcasting Service (PBS). Retrieved from <https://www.pbs.org/newshour/amp/rundown/robot-chef-coming-to-a-kitchen-near-you-in-2017>
57. Pervez, A., & Ryu, J. (2008). Safe physical human robot interaction-past, present and future. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 22(3), 469.
58. Ruser, H., Borodulkin, L., & Leisner, D. (2003). Multi-modal 'smart home' user interface. *Signals Systems Decision and Information Technology (SSD)*.
59. Saito, T., Tomoda, I., Takabatake, Y., Arni, J., & Teramoto, K. (2000). Home gateway architecture and its implementation. *IEEE transactions on consumer electronics*, 46(4), 1161-1166.
60. Shamsian, J., Griffin, K. (2016). "This bed automatically makes itself three seconds after you get up". *Business Insider*. Retrieved from <http://www.businessinsider.com/ohea-bed-that-automatically-makes-itself-2016-3>
61. Simonite, T.. (2014, October 6). "Should Industrial Robots Be Able to Hurt Their Human Coworkers?". *MIT Technology Review*. Retrieved from <https://www.technologyreview.com/s/531356/should-industrial-robots-be-able-to-hurt-their-human-coworkers/>
62. SoftBank Corp. (2015, Autumn). Pepper — the World's First Personal Robot that Reads Emotions". In *New Breeze*, 2015. (pp.18-20). Retrieved from [https://www.ituaj.jp/wp-content/uploads/2015/10/nb27-4\\_web\\_06\\_ROBOTS\\_pepper.pdf](https://www.ituaj.jp/wp-content/uploads/2015/10/nb27-4_web_06_ROBOTS_pepper.pdf)
63. Sung, J.-Y., Guo, L., Grinter, R. E., & Christensen, H. I. (2007). "My Roomba is Rambo": intimate home appliances. Paper presented at the International Conference on Ubiquitous Computing.

64. Takeda, H., Kobayashi, N., Matsubara, Y., & Nishida, T. (1997). *Towards ubiquitous human-robot interaction*. Paper presented at the Working Notes for IJCAI-97 Workshop on Intelligent Multimodal Systems.
65. Thrun, S. (2004). Toward a framework for human-robot interaction. *Human-Computer Interaction*, 19(1-2), 9-24.
66. Tonietti, G., Schiavi, R., & Bicchi, A. (2005). *Design and control of a variable stiffness actuator for safe and fast physical human/robot interaction*. Paper presented at the Robotics and Automation, 2005. ICRA 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference.
67. Waldherr, S., Romero, R., & Thrun, S. (2000). A gesture based interface for human-robot interaction. *Autonomous Robots*, 9(2), 151-173.
68. Walters, M. L., Dautenhahn, K., Te Boekhorst, R., Koay, K. L., Kaouri, C., Woods, S., . . . Werry, I. (2005). *The influence of subjects' personality traits on personal spatial zones in a human-robot interaction experiment*. Paper presented at the Robot and Human Interactive Communication, 2005. ROMAN 2005. IEEE International Workshop.
69. Yao-jun, S., & Nai-qun, W. (2016). Research on Innovative Design of Shared Refrigerator. *International Journal of Smart Home*, 10(8), 19-28.