

**DOMÓTICA PARA ASISTIR
ADULTOS MAYORES**

**HOME AUTOMATION TO ATTEND
OLDER ADULTS**

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL PARA
FREQUENTAR IDOSOS**

79

Lely A. Luengas C.

Facultad de Ingeniería y
Tecnologías de la Información,
INPAHU, lelyluco@gmail.com

María Fernanda Díaz H.

Martha Castellanos

Facultad de Ingeniería y
Tecnologías de la Información,
INPAHU,
mcastellanosro@uninpahu.edu.co

Fecha de Recepción: 1 de abril de 2019
Fecha aprobación: 13 de agosto de 2019

Resumen

Debido al incremento en el número de personas de la tercera edad, donde la edad es superior a los 65 años, y a la existencia de una alta cantidad de hogares monoparentales, se hace necesario contar con elementos que ofrezcan independencia a este grupo poblacional. De allí que se realizó una investigación donde se propone un sistema que permite realizar aplicaciones de seguimiento, seguridad y confort a adultos mayores. Se utilizó Raspberry Pi como sistema embebido para procesar los datos provenientes de diferentes sensores, así como interfaz para conectividad con Internet de las casas. La propuesta del sistema se centró en la automatización de un hogar, sensando la entrada y salida de personas autorizadas en la casa, activación de luces en la entrada de la casa al detectar el ingreso de una persona, el control de temperatura del recinto y el sensado de la humedad; los datos obtenidos al realizar las tareas descritas se almacenaron en la nube para poder ser revisados en línea. El sistema implementado permite regular las condiciones en el interior de una casa y mantener el ambiente adecuado para el adulto mayor, a futuro se espera incrementar la cantidad de parámetros monitoreados y obtener un sistema que permita mayor autonomía.

Palabras clave— Adultos mayores, Casa inteligente, Domótica ecológica, Internet de las Cosas (IoT), Sistemas embebidos.

Abstract.

Due to the increase in the number of seniors, where the age is over 65, and the existence of a high number of single-parent households, it is necessary to have elements that offer independence to this population group. Hence research was carried out where a system is proposed that allows monitoring, safety and comfort applications to seniors. Raspberry Pi was used as an embedded system to process data from different sensors, as well as interface for Internet of Things connectivity. The system's proposal focused on the automation of a home, listening to the entry and exit of authorized persons in the house, activating lights at the entrance of the house when detecting a person's entrance, temperature control of the enclosure and the feeling of the hummed ad; the data obtained when performing the described tasks was stored in the cloud in order to be reviewed online. The implemented system allows to regulate the conditions inside a house and maintain the right environment for the older adult, in the future it is expected to increase the number of parameters monitored and obtain a system that allows greater autonomy.

Keywords. Older Adults, Smart Home, Ecological Home, Internet of Things (IoT), Embedded Systems.

Resumo

Devido ao aumento do número de idosos, onde a idade é mais de 65 anos, e a existência de um elevado número de agregados familiares monoparentais, é necessário ter elementos que

ofereçam independência a este grupo populacional. Assim, a pesquisa foi realizada onde um sistema é proposto que permite o monitoramento, segurança e aplicações de conforto para idosos. Raspberry Pi foi usado como um sistema incorporado para processar dados de diferentes sensores, bem como interface para conectividade da Internet das Coisas. A proposta do sistema centrou-se na automação de uma casa, ouvindo a entrada e saída de pessoas autorizadas na casa, ativando luzes na entrada da casa ao detectar a entrada de uma pessoa, o controle de temperatura do recinto e a sensação dos zumbidos anúncio; os dados obtidos ao executar as tarefas descritas foram armazenados na nuvem para serem revisados on-line. O sistema implementado permite regular as condições dentro de uma casa e manter o ambiente certo para o idoso, no futuro espera-se aumentar o número de parâmetros monitorados e obter um sistema que permita maior autonomia.

Palavras-chave. Idosos, Smart Home, Ecological Home, Internet das Coisas (IoT), Sistemas Incorporados.

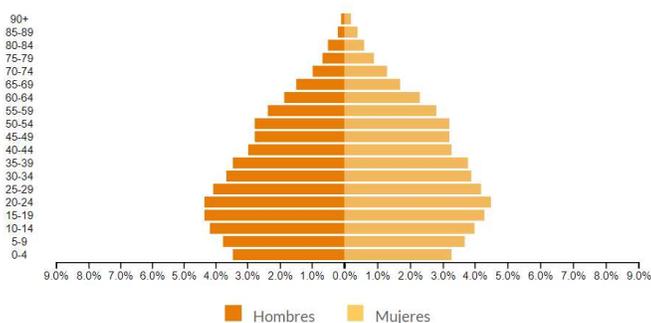
Introducción

El aumento proporcional de la población mundial de avanzada edad en los próximos años y la necesidad de mejorar su calidad de vida ofrece la oportunidad de investigar el impacto positivo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, implantadas en hogares ecológicamente inteligentes, teniendo en cuenta, además, que hay que dar una respuesta a la vulnerabilidad de los sistemas

mediante el diseño de software y la confluencia de los últimos avances en sistemas embebidos.

En Colombia a 2018 existe un índice de envejecimiento de 41 y 9,2% de la población tiene 65 años o más; a 2050 este número crecerá hasta ser cerca de 14,1 millones, 23% de la población. Entre 1985 y 2050 la población total se multiplicará por 2, la población entre 60 y 70 años por 6 y los mayores de 80 años por 14, Fig. 1 (DANE, 2018; Fedesarrollo y Fundación Saldarriaga Concha, 2015). Estas cifras indican la necesidad de detener el deterioro de la calidad de vida para los adultos mayores, por tal razón, se abre la oportunidad de investigar el impacto positivo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, diseñando soluciones en hogares para adultos mayores.

Fig. 1. Estructura de la población por edad y sexo en Colombia a 2018.



Fuente: (DANE, 2018)

Las noticias mundiales dan cuenta de un campo por explorar en el cual las casas inteligentes pueden ayudar a adultos con problemas de memoria, discapacidad motora, necesidad de control de salud o soledad. Un sistema inteligente puede recordarle a una persona con alzhéimer que aún es de noche y que vuelva a

la cama, que tome sus pastillas o que apague la estufa (Kon, Lam, & Chan, 2018; Park, Subramaniyam, Hong, & Kim, 2018).

Según el profesor Nuobo Saito (Saito, 2013) un hogar ecológicamente inteligente se apoya en una variedad de dispositivos conectados a una red doméstica o portal casero, con sistemas basados en software y estándares, para lograr bajos costos, ahorro energético, flujo de información y administración de datos relevantes. Este tipo de tecnología se encuentra aún en desarrollo, pero el portal de acceso es la clave principal de un sistema seguro y eficiente (Duffy & Lightner, 2018).

En el tema de la automatización de los hogares e impulsados por las grandes ventajas de Internet, cada vez es más relevante la utilización de sistemas embebidos, que son sistemas de computación que reducen e integran las funciones de un ordenador en una pequeña placa y sirven a funciones dedicadas y necesidades específicas en tiempo real. Incluyen un procesador, tarjeta de video, audio, modem, puertos y memoria (Martin et al., 2017). Dichos sistemas desempeñan un papel importante de seguridad crítica ya que pueden evitar el error humano. Fue de interés en el desarrollo de esta investigación, desarrollar aplicaciones de software sobre sistemas embebidos dirigidas a implementar sistemas domóticos para la tercera edad. Para lograr este propósito, los sistemas deben recoger información del entorno mediante sensores, tener capacidad de un procesamiento lógico y utilizar actuadores.

Un aspecto importante de la investigación es

pensar en una casa inteligente para personas adultas mayores donde los diseños domóticos sean ecológicos, evaluados desde el punto de vista de distintas tecnologías. Los aspectos relevantes son: bajo costo, bajo consumo energético, facilidad de mantenimiento y el volumen de datos relevantes.

El control inteligente de la iluminación y la climatización juega un papel fundamental en el ahorro energético y en el diseño de espacios sostenibles. El logro de eficiencia de estos dispositivos no existiría sin el desarrollo de las nuevas tecnologías donde, por medio de la electrónica y la programación, se generan rutinas que regulan cada proceso.

Los avances en sistemas domóticos con conexión a internet ofrecen una buena oportunidad para ayudar a las personas de avanzada edad a mejorar su calidad de vida. Varios dispositivos pueden: estimular la memoria, detectar el movimiento, mantener a la vista un calendario y una agenda de actividades, localizar objetos, localizar mediante GPS a un anciano perdido mediante un botón de pánico, prender o apagar un aparato, cerrar o abrir puertas o ventana, además de sensores de alerta cuando se deja la estufa encendida o abierta la llave del agua.

La presente investigación muestra la caracterización, implantación y evaluación de dispositivos domóticos para adultos mayores mediante el uso de sistemas embebidos e Internet de las Cosas como apoyo a la necesidad de la población adulta mayor colombiana para tener hogares inteligentes.

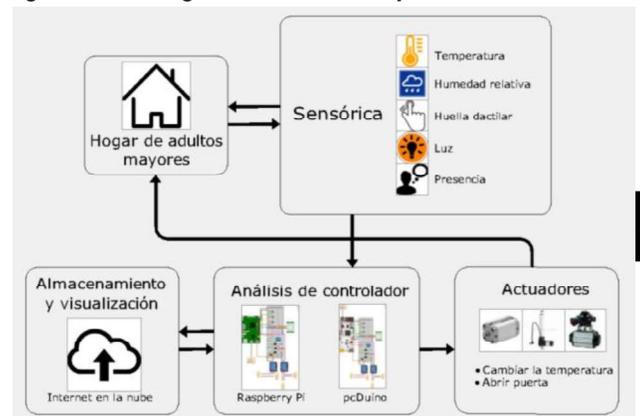
Metodología

Para la propuesta de un prototipo para un sistema de asistencia domótica, encaminado a las personas adultas mayores o personas de la tercera edad, quienes requieren apoyo con elementos tecnológicos que les permitan mejorar su calidad de vida, se eligió una metodología de investigación experimental. Allí se tomaron elementos del mundo real para el estudio (en este caso los aspectos teóricos referentes a adultos mayores, hogares inteligentes, sistemas embebidos, domótica, internet de las cosas), además se eligieron elementos electrónicos para sensar, almacenar y analizar variables con el fin de observar sus resultados y ver como estos se ajustan a las necesidades planteadas al inicio del proyecto. La metodología de investigación que se aplicó permitió alcanzar los objetivos propuestos. El análisis de las problemáticas de los hogares de los adultos mayores, así como las prestaciones de la domótica, los sistemas embebidos, sistemas de comunicación y forma de almacenamiento de información en la nube, permitieron proponer un sistema que realice la detección de ingreso a la vivienda, encendido automático de luces, mantener temperatura ambiente en el recinto, sensado de humedad, monitoreo a través de la nube de estas acciones, Fig. 2.

La detección de ingreso o salida del hogar se implementó con el sensor de detección de huella dactilar, FPM10A, es un módulo con capacidad de registro de 100 huellas. Está conformado por el sensor biométrico (sensor de huella óptico) y un conjunto de hardware que

integra UART para la comunicación serial y permite enviar comandos para que el módulo realice tareas concretas como registro, comparación, eliminación de huellas, etc. Se eligió la huella dactilar, porque este rasgo biométrico es particular de cada individuo, tiene origen durante la etapa fetal y permanece inmutable a lo largo de toda la vida, por lo tanto, la huella dactilar permite discriminar a los diferentes individuos (Byron et al., 2003).

Fig. 2. Mapa conceptual del sistema domótico dirigido a un hogar de adulto mayor.



Fuente: Autores del proyecto

El sistema de reconocimiento biométrico se realizó siguiendo las etapas:

1. **Registro y construcción de la base de datos:** Sistema de adquisición que se encarga de proporcionar la señal biométrica que caracteriza al individuo. Tras la adquisición de la señal biométrica se procede a la extracción de las características del rasgo biométrico del individuo y se almacenan en una base de datos. De esta forma se establece el permiso de las personas que tendrán acceso al hogar. El proceso de registro de huellas tiene varias fases: Adquisición, donde se toma una muestra de la

huella dactilar de un sujeto. Pre-procesado y Extracción de características, la imagen obtenida en la etapa de adquisición se trata para extraer las características esenciales de la huella, llamadas minucias, son los puntos singulares que presentan las crestas o el conjunto de líneas oscuras que tienen las huellas. Almacenamiento de las características correspondientes a cada sujeto y construcción de la base de datos de las personas que tendrán acceso al lugar.

2. **Reconocimiento:** Se encarga de establecer la identidad del individuo que accede al sistema; para ello, tras la adquisición del rasgo biométrico del individuo, se extraen las características y se obtiene el patrón biométrico que, posteriormente, es comparado con los patrones almacenados en la base de datos. Los resultados de dichas comparaciones son cuantificados y valorados, permitiendo así la toma de decisiones respecto a la identidad del individuo en función del grado de similitud obtenido. Una vez reconocida la identidad de la persona se puede acceder a la vivienda.

La detección de permanencia de una persona en la casa se realizó con el sensor piroeléctrico (Pasivo) infrarrojo (PIR) HC-SR501. Este sensor detecta cambios en la radiación infrarroja que recibe, activando una salida de control, su funcionamiento se basa en que todos los seres vivos desprenden calor en forma de radiación infrarroja. Los PIR detectan el movimiento comparando el estado de dos ventanas IR, los objetos estáticos frente al sensor generan patrones similares en las dos ventanas, mientras que los objetos en movimiento generan

patrones diferentes. Para mejorar el ángulo de detección poseen una lente Fresnell que divide el área de detección en sectores.

La activación de luces en la entrada de la casa al detectar el ingreso de una persona se implementó con relés de 12 VDC/110Vac.

La lectura de temperatura y humedad del recinto se realizó con el sensor DHT11. Este sensor tiene resolución de 1% para la humedad relativa y de 1°C para la temperatura. Se caracteriza por tener la señal digital calibrada mediante un microcontrolador de 8 bits integrado, asegurando alta calidad y fiabilidad en las lecturas. Está constituido por un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir la temperatura del aire circundante.

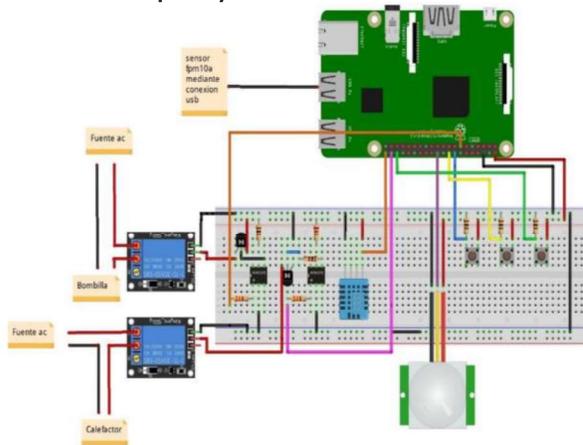
El control de temperatura para mantener el espacio sensado a temperatura ambiente, 25°C, fue de tipo ON/OFF. Cuando la temperatura desciende por debajo del valor de referencia (25°C) se activa un calefactor.

Los datos sensados son almacenados en la memoria del sistema embebido y transmitidos a la nube para que puedan ser leídos en cualquier instante de tiempo. Además, el almacenamiento permite que puedan ser tratados estadísticamente y mostrar el comportamiento del sistema.

El protocolo de comunicación para transmisión de datos es de tipo serial, a través de un único hilo (protocolo 1-wire). Con capacidad para transmitir la señal hasta 20 metros de distancia.

El sistema domótico dirigido a un hogar de adulto mayor usando el sistema embebido Raspberry Pi 2 se muestra en la Fig. 3.

Fig. 3. Implementación del sistema domótico dirigido a un hogar de adulto mayor, usando el sistema embebido Raspberry Pi 2.



Fuente: Autores del proyecto

Una vez implementado el circuito se procedió a verificar el funcionamiento de acuerdo a los requerimientos establecidos, realizando los ajustes necesarios y llegando a tener el sistema culminado, funcionando adecuadamente. La validación del dispositivo de ingreso de personas se realizó observando si identificaba a personas no registradas en la base de datos. La medición de la temperatura y humedad del recinto se validó con el Multímetro digital con Mediciones Ambientales DT51 marca CEM. Este multímetro permite combinar las funciones del sonómetro, medidor de luz, medidor de humedad, medidor de temperatura y detector de voltaje de AC sin contacto. La medición de humedad / temperatura utiliza un sensor de humedad / semiconductor y termopar tipo K.

Resultados

Se obtuvo un primer prototipo para un sistema de asistencia domótica encaminado a las personas adultas mayores o personas de la tercera edad, quienes requieren apoyo con elementos tecnológicos que les permitan mejorar su calidad de vida.

El registro de ingreso y salida del recinto se observa en la base de datos que se puede consultar en la nube, en la Tabla 1 está una relación de algunos de los datos registrados.

Tabla 1. Relación de ingreso y salida de personas a la vivienda

Nombre	Estado	Fecha	Hora
Alejandra Ortiz Sierra	entró	09/06/2017	8:28:00
Juan David Rangel Domínguez	entró	09/06/2017	9:47:46
Juan David Rangel Domínguez	salió	09/06/2017	9:50:00
Alejandra Ortiz Sierra	salió	09/06/2017	9:56:07
Alejandra Ortiz Sierra	entró	09/06/2017	10:37:15
Alejandra Ortiz Sierra	salió	09/06/2017	10:57:22
Juan David Rangel Domínguez	entró	09/08/2017	11:21:42
Alejandra Ortiz Sierra	entró	09/08/2017	11:31:15
Juan David Rangel Domínguez	salió	09/08/2017	15:27:21
Alejandra Ortiz Sierra	salió	09/08/2017	15:30:58
Juan David Rangel Domínguez	entró	09/09/2017	11:32:00
Juan David Rangel Domínguez	salió	09/09/2017	12:33:48
Juan David Rangel Domínguez	entró	09/09/2017	13:35:06
Alejandra Ortiz Sierra	entró	09/09/2017	13:42:468

Fuente: Autor

Con el fin de observar el error del sistema en la etapa de registro de la persona, la ingresar o salir de la vivienda se utilizó una tabla de contingencia, de esta forma se revelan las asociaciones entre las dos variables y por ende el error, Tabla 2. No se registraron errores en el registro y la validación de los usuarios.

Tabla 2. Tabla de contingencia para observar el registro de ingreso y salida

Nombre	Ingreso	Salida	Total general
Adriana Torres	3	3	6
Alejandra Ortiz Sierra	4	3	7
Daniel Contreras	4	4	8
Fabián Mendoza	4	3	7
Juan David Rangel Domínguez	4	3	7
Nicolás Prieto	5	3	8
Total general	24	19	43

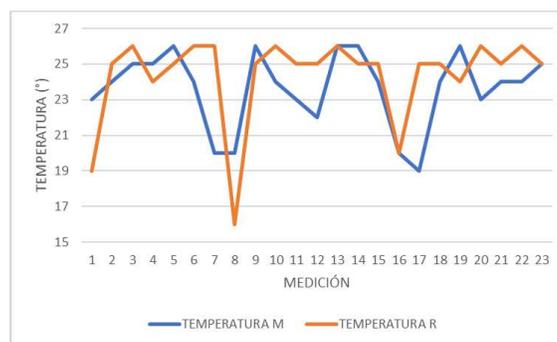
Fuente: Autor

Al ingresar a la casa se detecta el movimiento de la persona y se activa la iluminación, estas acciones se registran en la nube.

Con la utilización de los sistemas embebidos, la aplicación desarrollada permitió el sensado de temperatura y humedad en un cuarto cerrado de la ciudad de Bogotá, la medición se realizó por espacio de 210 minutos, en tres mediciones separadas temporalmente, se calcularon las medidas de tendencia central y dispersión. Para comprobar el valor de los datos de temperatura y humedad, medidos y registrados se utilizó el Multímetro digital con Mediciones Ambientales DT51 marca CEM, se realizó el registro cada 30 minutos acorde con el tiempo programado en la tarjeta.

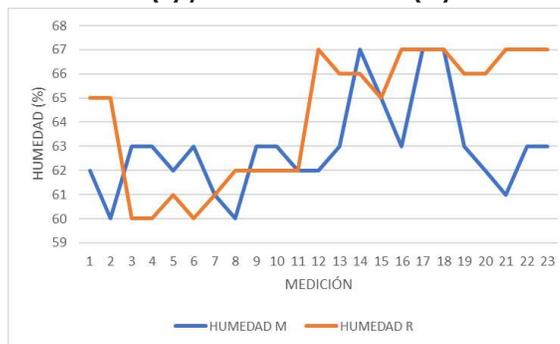
Se calculó el error de los datos medidos y registrados por la tarjeta tomando como referencia el valor arrojado por el multímetro, de allí que la temperatura registrada presenta un error de 7,997%, en cuanto a la humedad se tuvo un error de 2,696%. La Fig. 4 es la gráfica del comportamiento de la temperatura durante los días sensados, con el sistema desarrollado y la medición del multímetro, y la Fig. 5 corresponde a la humedad.

Fig. 4. Datos de medición de temperatura, realizados con el sistema (R) y con el multímetro (M). Fuente: Autores del proyecto



Fuente: Autores

Fig. 5. Datos de medición de humedad, realizados con el sistema (R) y con el multímetro (M).



Fuente: Autores del proyecto

Para conocer aspectos relacionados con el uso y la manera en que las personas se relacionan con los sistemas que se les ofrecen, lo que comúnmente se llama usabilidad, es

necesario verificar aspectos como la facilidad de aprendizaje para aprender a usarla bien y realizar operaciones básicas, satisfacción subjetiva, respuesta a la necesidad planteada, entre otras. Por lo anterior, para el proyecto desarrollado se pudo comprobar:

- Respecto a la relación del registro de ingreso y salida se observó que el 100% de los usuarios aprendieron de manera inmediata a usar la interfaz, el huellero.
- En cuanto al movimiento e iluminación se determinó que la aplicación responde con rapidez y se observa la ayuda para los adultos mayores puesto que al ingresar a los espacios de su hábitat los encuentran iluminados y se disminuye el riesgo de accidentes.
- El sistema es autónomo y tiene un 100% de capacidad de recordar las características y forma de uso para volver a utilizarlo a futuro.

Conclusiones

La revisión documental sobre las aplicaciones de domótica dirigidas al adulto mayor muestra la relevancia de realizar estudios en el área, como es el caso de esta investigación. El número de personas mayores 60 años tiende a duplicarse en 2050 con respecto al año 2000, lo que conduce a la necesidad de contar con herramientas tecnológicas que brinden calidad de vida.

El sistema implementado permite controlar la iluminación y la temperatura por medio de la

sensórica y de los actuadores, con el fin de regular las condiciones y mantener el ambiente adecuado para el adulto mayor.

Internet de las cosas es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de una red que puede, entre otras cosas, monitorear en tiempo real a un adulto mayor. Por ello, desde la nube, en un archivo plano, se obtuvieron los datos de tiempo de permanencia y mediciones de temperatura y humedad, que permitieron generar estadísticas de estas dos variables clave en la prevención de enfermedades en personas de tercera edad.

Este primer prototipo, resultado de la investigación realizada, no explota todas las capacidades que se puede lograr con sistemas domóticos e Internet de las Cosas, pero sin lugar a dudas abre las puertas a un sinnúmero de investigaciones adicionales en el campo de Telesalud y Telemedicina, por citar algunas.

A futuro, se piensa generar nuevas aplicaciones para ampliar el número de variables monitoreadas a través de dispositivos móviles, donde se pueda hacer seguimiento en tiempo real. Además, enfocar la aplicación de sistemas domóticos al área de Telesalud para mejorar el servicio de atención al adulto mayor.

Referencias

Byron, S. A. R., Maldonado, G., Romero, L. A., Calonge Cano, T., Cabello Pardos, E., Artificial, V., Calot, E. (2003). Algoritmo para la identificación de personas basado en huellas dactilares. Airene.

- DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018. Retrieved April 5, 2019, from <https://sitios.dane.gov.co/cnpv-presentacion/src/#cuantos00>
- Duffy, V., & Lightner, N. (Eds.). (2018). *Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare and Medical Devices* (Vol. 590). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60483-1>
- Fedesarrollo y Fundación Saldarriaga Concha. (2015). *Misión Colombia Envejece Investigadores: cifras, retos y recomendaciones*. Bogotá: Editorial Fundación Saldarriaga Concha. Retrieved from www.saldarriagaconcha.org
- Kon, B., Lam, A., & Chan, J. (2018). Evolution of Smart Homes for the Elderly. <https://doi.org/10.1145/3041021.3054928>
- Martin, G., Lavagno, L., Hansson, H., Nolin, M., Nolte, T., & Thramboulidis, K. (2017). Embedded systems. In *Systems, Controls, Embedded Systems, Energy, and Machines*. <https://doi.org/10.1201/9781420037043>
- Park, S. J., Subramaniyam, M., Hong, S., & Kim, D. (2018). Service Based Healthcare Monitoring System for the Elderly - Physical Activity and Exercise (pp. 337–342). https://doi.org/10.1007/978-3-319-60483-1_34
- Saito, N. (2013). Ecological home network: An overview. *Proceedings of the IEEE*. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2013.2277782>