

Automation with Fog Computing

Javier Pinzón Castellanos
Centro de Excelencia y Apropiación
en Internet de las Cosas (CEA-IoT)
Universidad Autónoma de Bucaramanga,
Colombia
jpinzon408@unab.edu.co

Miguel Antonio Cadena Carter
Facultad de Ingeniería de Sistemas
Universidad Autónoma de Bucaramanga,
Colombia
mcadena@unab.edu.co

Abstract—Fog Computing is a closer layer to the user of distributed computing that cloud computing, reducing the latency or delay and increasing efficiency, is this a success case for Fog architecture. This paper shows the development and implementation of a distributed computed architecture applied in an automation environment, exploiting the fog layer as a mediator to the cloud layer. In home and industry, environments are developed the representative advantages such as security, agility and autonomy, also "Siri" assistant was used as an interface with the user for command reception, is really useful for the architecture. This study employed a Raspberry Pi board connected to final control elements (servomotor and relays), indicator and thermal sensors. Everything controlled by an automation framework receiving and executing Siris orders by means of previously determined instructions. Cloud connection is benefited by reduced data transmission since this layer only receives meaningful information for its analysis. The system is tested in a controlled environment for its comparative analysis with regard to IoT, reducing the amount of information sent and channel throughput, relieving in this way the processing, communication, storage, amongst others services of Cloud Computing.

Palabras Clave—Fog Computing, Cloud Computing, Internet of Things, Distributed Computing.

I. INTRODUCCIÓN

Fog Computing ha despertado gran interés en la academia, debido a la separación de procesos que se realizan en Cloud Computing; permitiendo el ahorro de costos en las tecnologías de la información y las comunicaciones. Sin embargo, la tendencia de Cloud Computing ha ido creciendo en el procesamiento y almacenamiento, por consiguiente los precios también han aumentado. Por ello se diseña una arquitectura en la cuál se logra realizar un procesamiento local que ayude a disminuir el consumo de la nube. Con base en lo anterior, se realizó una investigación y prueba de concepto utilizando la arquitectura de Fog Computing que consiste en realizar una implementación con hardware y software libre, identificando los diferentes módulos que se utilizan para comunicarse e integrarlos. Por lo anterior se propone una arquitectura Fog y un proceso de implementación con metas académicas, con el fin de entender el comportamiento, operación y la separación entre las nuevas tendencias de computación como Internet of Things - IoT y Dew Computing, que se encuentran dentro de una nueva arquitectura de computación distribuida.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

De acuerdo con la revisión de la literatura, el enfoque del proyecto se basa en temáticas planteadas en cada artículo, donde aportan y dan a conocer deficiencias en tópicos que se pueden tratar en el trabajo de investigación. El concepto de Fog Computing como capas de la arquitectura de computación distribuida mostrando un caso de smart gateway conceptual donde se toman como aporte al esquema teórico y minucioso de las capas para determinar cada una de ellas. [1]. El Fog Computing como extensión de Cloud Computing, la sensibilidad de la información, cualidades y comparación entre la computación en la nube y la arquitectura de niebla [2] e Internet of Things - IoT, son puntos críticos destacados [3] para la temática a tratar en este trabajo.

Una solución propuesta de domótica, utilizando una Raspberry Pi utilizando una conexión con el módulo de reconocimiento de voz de Apple llamado Siri. Es un punto apoyo a la construcción de la arquitectura Fog Computing donde la utilización de la placa única y una interfaz manipulada por voz [4]. Un estudio de las empresas que realizan implementaciones de Fog Computing, es el aporte para dar aval en el sector industrial, donde se investiga y exponen conceptos sobre la capa de computación y desarrollan una aplicación conceptual en el área. [5]

Adicionalmente se muestran casos de éxito e implementaciones especialmente en el área médica [6]. Para el trabajo se utiliza la estructura de implementación de una arquitectura fog computing.

Un concepto destacado es de Fog Computing móvil, donde exponen las cualidades y comparaciones con IoT, proponiendo un modelo de desarrollo [7]. El aporte al proceso de investigación es de tener varios puntos de vista, donde se ubican escenarios de las diferentes arquitecturas relacionadas como Cloud Computing, Dew Computing e Internet of Things [8], logrando así una proyección de las múltiples temáticas entre arquitecturas de computación y desarrollos informáticos.

La computación de borde se a dado conocer con cualidades, estructuras y con respecto a la seguridad se recupera un trabajo realizado con la técnica de man-in-the-middle (hombre en el medio), el cual destaca los criterios de seguridad que se deben tener en cuenta para realizar la construcción de la arquitectura Fog Computing, para ello se buscan las diferentes herramientas

para cubrir este dominio [9].

Por último se expone un concepto y desafío de IoT limitado entre ellos ya que se aplican: la modernización de los servicios web, el desarrollo y la adaptación de los mismos [10].

III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Se muestra en la figura 1 una visión general del sistema, conformado por la plataforma propuesta de Fog Computing y los diferentes dispositivos que se relacionan incluyendo, el tipo de conexión e interfaz utilizada. Para la dinámica de peticiones se utiliza el esquema detallado de la plataforma Fog, mostrando cada componente que interviene en la arquitectura, con el fin de tener claridad sobre las peticiones que se realizan.

El componente de administrar la información del sistema consiste en, organizar los datos de manera que se puedan procesar, almacenar, visualizar y exportar hacia otro sistema. Se incluye la consulta de los datos almacenados y se extiende a la opción de generar reportes.

El bloque de automatización consiste en hacer que determinadas acciones se vuelvan automáticas, es decir, que se desarrollen por sí solas y sin la participación directa de un usuario. Es por esto que el concepto suele utilizarse en el ámbito industrial con referencia a un sistema de automatización, donde los datos son procesados y convertidos en información teniendo así valor para que el usuario la utilice.

El gestor de peticiones es el módulo a resaltar, donde se realizan tareas automáticas como adquirir, almacenar, visualizar y exportar los datos a donde están asignados, siempre y cuando se configure de donde viene la petición.

IV. DISEÑO DEL HARDWARE

Se presenta una selección de las diferentes herramientas de hardware y se escogen las convenientes para la arquitectura Fog Computing.

Para la selección de hardware se busca utilizar dispositivos que cuenten con un componente de procesamiento y sean de bajo costo, para ello se toma la decisión de utilizar el recurso de las tarjetas de placa única. Son tarjetas desarrolladas con características especiales similares a un computador funcional, es decir, contienen un procesador, memoria RAM, tarjeta gráfica, conectividad, entradas y salidas analógicas. Esto último es para la utilización de sensores y otros componentes que interactúen con la placa única. Es deseable que incorporen un módulo de conexión inalámbrica dentro la misma, debido a que resuelve el tema de conectividad, reducción de espacio y evitar componentes adicionales.

Dentro de las opciones se consideraron las siguientes tarjetas: Raspberry Pi 3 modelo B y Banana Pi M2+. Para escoger la mejor opción se le da más importancia a la característica de procesamiento, debido a los procesos de automatización. Por lo anterior se ubica a la Raspberry Pi 3 modelo B, la cual tiene mayor velocidad de desempeño. La siguiente característica es la de arquitectura, la Banana Pi M2+ cuenta con 32 bits y la Raspberry Pi 3 modelo B con 64 bits permitiendo gestionar mayor cantidad de información. Por tal motivo se reitera la Raspberry Pi 3 modelo B, adicionalmente esta tarjeta de placa

única presenta una mayor madurez dentro de la comunidad académica, hardware y software libre, debido a su alto impacto en la arquitectura en desarrollo [11].

Para la construcción de la arquitectura se utilizan tres tipos de elementos de automatización, los cuales son elemento final de control (servo motor), indicadores (LED) y sensor de temperatura, cumpliendo con componentes más comunes dentro de una industria.

A. Elemento Final de Control

El elemento final de control (Servo Motor) seleccionado es el HK15138 de HobbyKing que cuenta con las especificaciones requeridas.

B. LED

El indicador seleccionado es un LED (light emitting diode) de 5mm, sus componentes y terminales para realizar la conexión.

C. Sensor de temperatura

El sensor de temperatura para este caso sería el DHT11. Que contiene compatibilidad completa con la Raspberry Pi 3 modelo B, esto debido a que tiene los controladores. El sensor cuenta con pines los cuales están distribuidos como +VCC(3.3V), GND (Tierra) y S (Señal).

V. DISEÑO DEL SOFTWARE

Se presenta una selección de las diferentes herramientas de software y se escogen las convenientes para la arquitectura Fog Computing.

A. Sistema operativo

Se utiliza el sistema operativo Raspbian de base Debian debido a que cuenta con las librerías, controladores y módulos que necesita la Raspberry Pi para funcionar correctamente dentro de la plataforma propuesta.

B. Software Complementario

La escogencia del lenguaje de programación se relaciona con los sensores y sus controladores, debido a que se busca un acople sin problemas, actualizado y en la lectura del código sea clara.

También se realiza una selección de los programas de automatización que utilicen el lenguaje de programación python como opción deseada. Esto con el fin de cumplir con los requisitos anteriormente mencionados y comprobando que es el lenguaje más utilizado para automatización, industrial e IoT. Como se muestra en la revisión realizada organismos encargados del desarrollo en IoT [11].

El diagrama de conexión mostrado en la figura 2, destaca cada framework, como son los sensores con controladores, conectados y manipulados por el módulo de automatización el cual se anexa un complemento, que proporciona un puente hacia el dispositivo iOS que conecta con la API HomeKit [12], seguido de esto, Siri, el asistente personal controlado por voz interactúa con los componentes registrados en el aplicativo Home y seguido de esto las peticiones van a los diferentes bloques de trabajo [13].

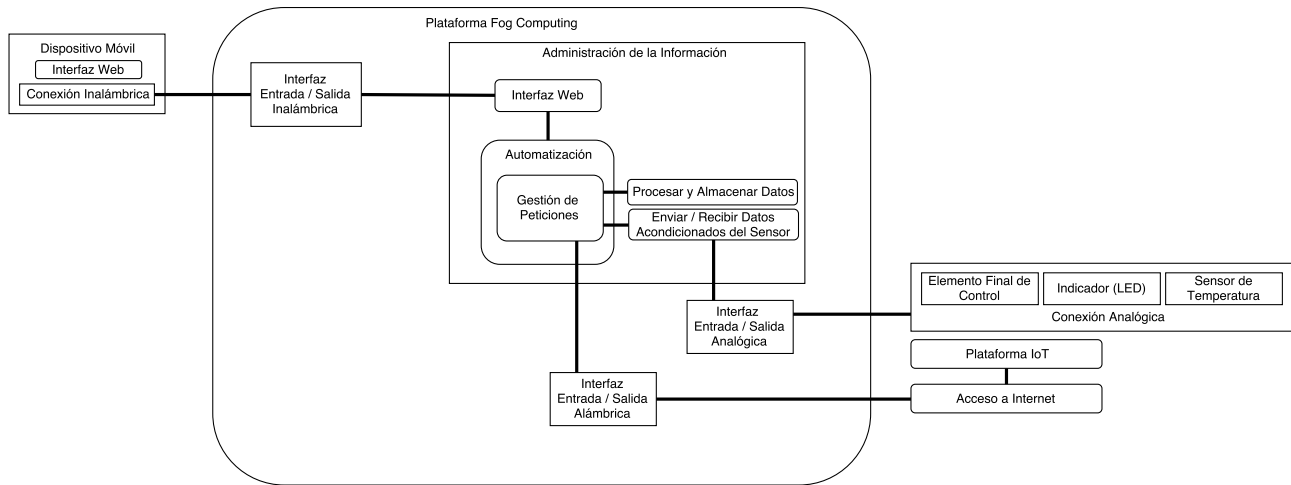


Fig. 1. Diagrama general del sistema

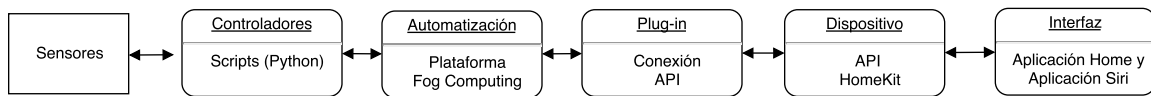


Fig. 2. Conexión entre frameworks

VI. DIAGRAMA DE PETICIONES ENTRE FOG COMPUTING E INTERNET OF THINGS - IOT

Con el propósito de establecer un entorno frente a la plataforma propuesta de Fog Computing se desarrolla un diagrama donde se plantean las diferentes peticiones y áreas donde se intervendrán. Para el seguimiento de peticiones se compara la plataforma propuesta y una plataforma de IoT.

A. Fog Computing

Para la figura 3, se muestra un esquema de peticiones en el cual busca orientar al investigador en cómo se deben realizar las diferentes peticiones dentro de los múltiples roles, donde el principal actor es el usuario, donde envía las diferentes peticiones y la plataforma Fog propuesta es el principal receptor de las mismas. Es por ello que se determina cada rol anexo, como elementos de automatización y plataforma IoT. Ya que ellos son parte de la arquitectura Fog Computing.

Para los elementos de automatización se escogen diferentes componentes, que representan múltiples datos ingresados en el módulo de ejecución, esto conlleva a la entrega del dato siempre y cuando el dato es solicitado, por ello que se denota de otra manera.

La computación en la nube recibe los datos de la arquitectura Fog Computing, porque este recibe los datos ya procesados para registro o almacenaje.

B. Internet of Things - IoT

En la figura 4, se muestra un esquema de peticiones para IoT, el cual da a conocer al investigador cómo se hacen las diferentes peticiones dentro de los múltiples roles de IoT, donde el principal actor es el usuario, él cual envía las diferentes peticiones a la capa de computación en la nube

donde está hospedada la arquitectura de IoT, convirtiéndose en el receptor de las peticiones.

La petición enviada y registrada en la computación en la nube es donde se ejecuta y es enviada hacia los elementos de automatización integrados a la plataforma y son ejecutados por la misma.

Para el caso de un sensor, la plataforma adquiere los datos y son enviados para su registro en la nube.

VII. DATOS Y RESULTADOS

A. Resultados por escenarios

Se presentan los resultados en base a los diferentes escenarios propuestos para evaluar.

1) *Escenario: desconexión total:* En el escenario de desconexión total se puede resaltar la disminución del consumo de envío de datos hacia la nube, ya que no es obligatoria.

Una vez descrito lo anterior, se realizan las pruebas para determinar la indicación, manipulación y el almacenamiento de un registro de datos adquiridos por la plataforma Fog. Como se muestra en la figura 3, con ello se evidencia un reporte de los datos en la plataforma Fog, generando una disminución de la utilización del servicio de Internet y reducción en el uso de la plataforma IoT.

2) *Escenario: comparativo entre IoT y Fog Computing:* Para el escenario comparativo de ambas arquitecturas se selecciona el framework de IoT llamado Cayenne [14]. el cual los diferentes sensores e indicadores son conectados a esta herramienta IoT y para realizar su medición y se utiliza un framework de captura de peticiones por DNS. Midiendo las solicitudes recibidas y enviadas, logrando así realizar un escenario de medición de peticiones requeridas hacia la nube, en este caso la nube es la dirección de la plataforma IoT.

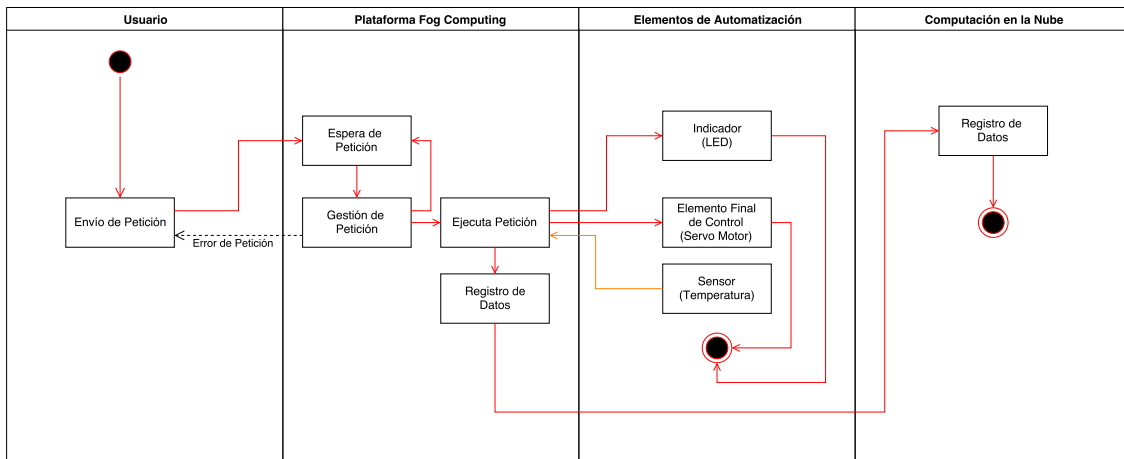


Fig. 3. Diagrama de peticiones de fog computing

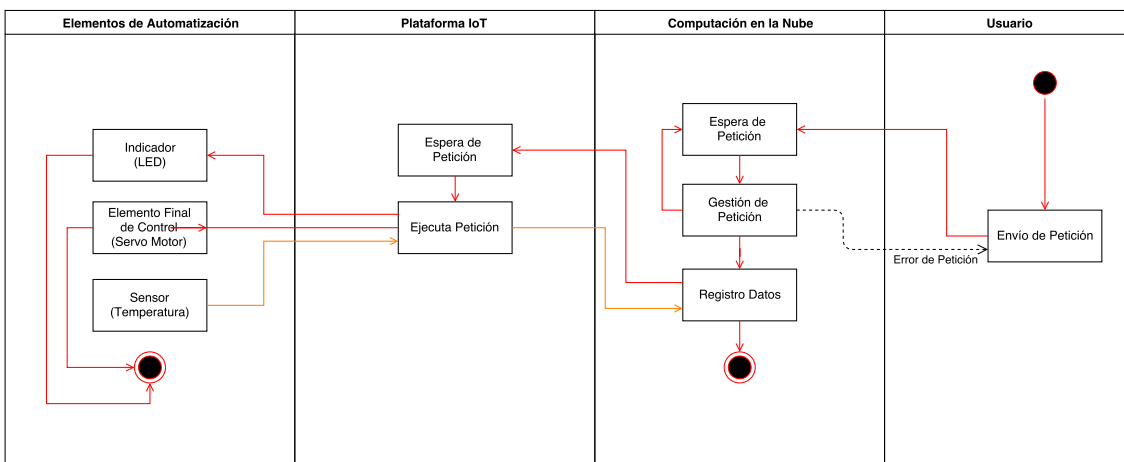


Fig. 4. Diagrama de peticiones de internet of things - IoT

A continuación, se toma un intervalo de 5 días para realizar la medición y recolectar el número de peticiones generado por el dispositivo Raspberry Pi hacia la plataforma IoT. Esto no incluye tamaño de los paquetes ni tiempo que tarda en llegar a su destino, debido al enfoque que tiene el proyecto.

Se muestra en la figura 5, la tendencia realizada durante la medición, resaltando las peticiones por hora y por día. Por lo que se marcan un comportamiento no constante sino por demanda, es decir, si es requerido el servicio es registrado y enviado a cumplir su tarea, como en la figura 6, donde se muestran los diferentes dominios y la cantidad de peticiones durante el periodo de tiempo establecido.

Los resultados muestran un alto volumen de petición hacia la plataforma IoT, con relación a la confirmación de gran demanda de acceso a la plataforma, por su enfoque de IoT. Por lo anterior las mediciones pertinentes en cuanto a tráfico de red, que evidencien la ventaja de Fog Computing en un 70.53% de reducción en peticiones a IoT donde quedan comprobadas de acuerdo con la implementación de la arquitectura. Adicionalmente se confirma con los estudios realizados por los autores en donde aseguran la reducción de procesamiento,

servicios web y comunicación hacia la plataforma IoT.

Por lo anterior los resultados demuestran que la plataforma de Fog Computing es un complemento de la computación en la nube y un nuevo enfoque al internet del todo.

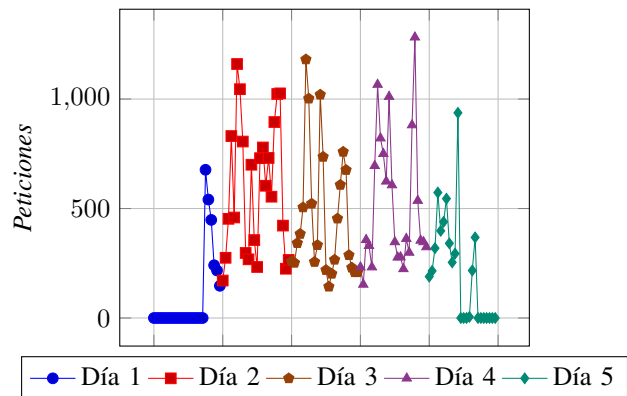


Fig. 5. Peticiones durante 5 días

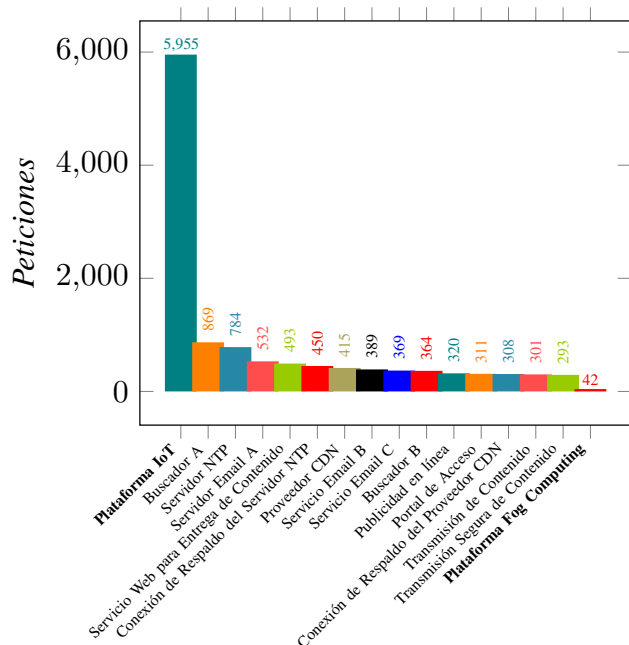


Fig. 6. Peticiones por servicio

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente documento establece un marco de referencia para construir e implementar la arquitectura Fog Computing como prueba de concepto, con las herramientas de hardware y software con administración web y recursos abstractos e intuitivos que hacen más fácil el entendimiento, logrando así nuevas ideas y recursos intelectuales que generen alternativas tanto en hardware como en software, para implementar esta nueva tendencia en la academia.

Todos los módulos utilizados para este propósito cumplen la meta propuesta para el proyecto. El resultado se obtuvo, tal como se había encontrado en la revisión de la literatura, el desarrollo de software a la medida para trabajar en conjunto con el hardware determinado para el proyecto, la utilización de protocolos de comunicación recomendados para compartir datos dentro de la arquitectura Fog propuesta. En general se observó el procesamiento de los datos de los sensores antes que fueran transportados hacia la plataforma IoT y su independencia de la misma.

Recomendaciones para el proyecto, es fundamental la elección del hardware que permita la interacción con los diferentes módulos de software. Para el caso se sugiere continuar los pasos de la investigación donde se integren los diferentes tipos de módulos, tales como comunicaciones, adquisición, procesamiento y visualización de datos, manejo de usuarios y ampliación de la capa de seguridad de la información.

Este proyecto es un paso importante para el desarrollo e implementación de las herramientas de computación de niebla, ya que es un beneficio para la comunidad académica tener estos resultados y recursos generados, debido a que se establece un marco de referencia para una solución escalable

y adaptable a los requerimientos sin depender de la plataforma IoT.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración de todos los socios dentro del proyecto Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IoT). Los autores también desean agradecer a todas las instituciones que apoyaron este trabajo: el Ministerio de Tecnología de la Información y Comunicaciones MinTIC de Colombia y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias, a través del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas (ID Proyecto: FP44842-502-2015).

REFERENCES

- [1] M. Aazam and E.-N. Huh, "Fog computing: The cloud-iot/foe middleware paradigm," *IEEE Potentials*, vol. 35, no. 3, pp. 40–44, 2016.
- [2] T. Ashwini and M. A. SG, "Fog computing to protect real and sensitivity information in cloud."
- [3] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, and S. Addepalli, "Fog computing and its role in the internet of things," in *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing*. ACM, 2012, pp. 13–16.
- [4] A. M. D. Celebre, A. Z. D. Dubouzet, I. B. A. Medina, A. N. M. Surposa, and R. C. Gustilo, "Home automation using raspberry pi through siri enabled mobile devices," in *Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), 2015 International Conference on*. IEEE, 2015, pp. 1–6.
- [5] A. V. Dastjerdi, H. Gupta, R. N. Calheiros, S. K. Ghosh, and R. Buyya, "Fog computing: Principles, architectures, and applications," *arXiv preprint arXiv:1601.02752*, 2016.
- [6] T. N. Gia, M. Jiang, A.-M. Rahmani, T. Westerlund, P. Liljeberg, and H. Tenhunen, "Fog computing in healthcare internet of things: A case study on ecg feature extraction," in *Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing (CIT/IUCC/DASC/PICOM), 2015 IEEE International Conference on*. IEEE, 2015, pp. 356–363.
- [7] O. Salman, I. Elhajj, A. Kayssi, and A. Chehab, "Edge computing enabling the internet of things," in *Internet of Things (WF-IoT), 2015 IEEE 2nd World Forum on*. IEEE, 2015, pp. 603–608.
- [8] K. Skala, D. Davidovic, E. Afgan, I. Sovic, and Z. Sojat, "Scalable distributed computing hierarchy: Cloud, fog and dew computing," *Open Journal of Cloud Computing (OJCC)*, vol. 2, no. 1, pp. 16–24, 2015.
- [9] I. Stojmenovic and S. Wen, "The fog computing paradigm: Scenarios and security issues," in *Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2014 Federated Conference on*. IEEE, 2014, pp. 1–8.
- [10] I. Szilagyi and P. Wira, "Ontologies and semantic web for the internet of things—a survey," in *Industrial Electronics Society, IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE*. IEEE, 2016, pp. 6949–6954.
- [11] IEEE, Eclipse, and Agile. Iot developer survey. [Online]. Available: <http://iot.ieee.org/images/files/pdf/iot-developer-survey-2016-report-final.pdf>
- [12] Apple. Working with homekit. [Online]. Available: <https://developer.apple.com/homekit/>
- [13] J. Aron, "How innovative is apple's new voice assistant, siri?" *New Scientist*, vol. 212, no. 2836, p. 24, 2011.
- [14] B. Artono and F. Susanto, "Led control system with cayenne framework for the internet of things (iot)," *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, vol. 2, no. 1, 2017.