

# Propuesta para Aumentar la Vida Útil de una WSN por Optimización de Datos Energéticamente Eficiente.

Iván Opitz Pérez, Departamento de Electronica UTFSM, ivan.opitz.13@sansano.usm.cl

**Abstract**— Las redes de sensores inalámbricas o WSN (Wireless Sensor Network) son un área de desarrollo de rápido crecimiento con variadas aplicaciones. Es por su alta demanda que se hace necesaria la eficiencia del sistema. Una de las mayores limitaciones de estos sensores es el consumo de energía. Por lo general estos sensores poseen fuentes de energía irremplazables o de difícil acceso. Es por esto que se hace necesario disminuir, en la medida de lo posible, la cantidad de energía utilizada para alargar lo más posible la vida útil de la red. El mayor gasto energético de una red es la comunicación entre los nodos (sensores) a través de la red a la estación base. El uso de energía en la transmisión de datos suele ser directamente proporcional al tamaño de los paquetes y a la distancia que existe entre los varios nodos de la red. Para lograr alargar la vida útil de la red se implementará un esquema que disminuirá el tamaño de los paquetes y proporcionará un ruteo de estos que permitirá un uso de la energía de la red más distribuido entre los nodos.

**Index Terms**—Cluster, Eficiencia Energetica, Redes de sensores Inalambricas (WSN).

## I. INTRODUCTION

LAS WSNs son de recursos limitados, desplegadas densamente y propensas a fallas. Estas tienen cambios constantes, topologías de red bastante adaptables con cada nodo transmitiendo su información a todos los nodos dentro de su cobertura.

Los nodos (sensores) son la parte fundamental de la red. Estos recolectan información y la rutean a través de la red hacia la estación base. La estación base es un punto de control centralizado de la red. Este se encarga de extraer la información de la red y emitir información de control de vuelta. También sirve como punto de acceso para otras redes, un poderoso procesador y almacenador de datos y un punto de acceso para una interfaz humana.

Como el mayor consumo de energía en los nodos se da en la transmisión de los datos y este es proporcional al tamaño de los paquetes y la distancia que estos recorren en la red, es que se busca optimizar el tamaño de los paquetes sin perder información y rutear los datos a través de la red de manera eficiente.

En la sección II se explicará el algoritmo a implementar. En la sección III se muestran los resultados obtenidos en [].

## II. ALGORITMO PROPUESTO

Primero que todo se deben hacer las siguientes suposiciones:

1. Tanto la estación base como los sensores se mantienen estáticos. Por ende saben dónde se encuentran ubicados, aparte esto significa que la cantidad de nodos no crece ni decrece en el tiempo.
2. Todos los sensores tienen siempre algún dato que transmitir.
3. Todos los sensores poseen las mismas características, ya sea energía inicial, tasa de muestreo, capacidad de cómputo, capacidad de comunicación y tipo de medición.
4. El enrejado es de forma triangular. Esto se debe a que según [3], con el enrejado triangular se abarca una mayor área usando una menor cantidad de nodos.
5. El área total de la red es rectangular.
6. La estación base se encuentra alejada de los sensores.

### A. Algoritmo

El algoritmo propuesto consta de cuatro fases, despliegue de sensores, configuración y determinación de ruta y transmisión de datos, las cuales se describen con más detalle a continuación:

1. Despliegue de sensores:
  - a. Desplegar los sensores en una topología triangular.
  - b. Dividir toda el área en cuadros:
    - i. La división puede ser de forma pareja o dispereja.
    - ii. Si es pareja el área de cada cuadro es igual.
    - iii. Si es dispereja el área del cuadro va disminuyendo a medida que se va acercando a la estación base.
2. Configuración y determinación de la ruta:
  - a. Inicialmente se escoge el nodo del centro de cada cuadro como el cluster head (El nodo que se comunicará con el resto de la red).
  - b. Usando la fórmula del punto medio, la estación base determina cuál es el nodo que debe quedar como el cluster head en cada cuadro.

- i. El cálculo de cada punto medio vendría dado por:

$$\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}$$

- c. El cluster head le indica a todos los demás nodos del cuadro que él es el cluster head.
- d. Todos los nodos del cuadro van a tener la ID del cluster head como la ID a la cual transmitir.
- e. Los datos medidos por los nodos del cuadro serán enviados al cluster head vía single hop.
- f. Toda la información recibida por el cluster head es procesada y enviada a la estación base vía multihop usando el algoritmo del shortes path.
- g. Ahora el cluster head enviará a los nodos de su cuadro información sobre su nivel de energía, tras lo cual los nodos con mayor energía que el cluster head informaran a este su nivel de energía para que escoja a un nuevo cluster head. Cabe destacar que este proceso es transparente para el resto de la red y no depende de la base de datos.
3. Optimización de datos:
- a. Asignar una ID única a cada nodo.
- b. Dependiendo del tipo de modulación que se ocupe, el formato del paquete puede cambiar.
- c. El paquete consta de una cabecera y un tráiler determinados por el protocolo LEACH [2] y una carga útil que consiste en la ID del cluster head más el dato de la medición.
4. Fase de transmisión de datos y su análisis:
- a. La energía utilizada por los cluster heads se calcula de la siguiente forma:

- i. La energía requerida para transmitir L bits por una distancia d es:

$$E_t(L, d) = L \times E_{elec} + L \times \epsilon_{mp} \times d \quad (1)$$

- ii. La energía requerida para recibir un paquete es:

$$E_r = L \times E_{elec} \quad (2)$$

- iii. La energía disipada por un nodo que no sea cluster head es:

$$E_{nodo} = L \times E_{elec} + \epsilon_{mp} \times d_{CH} \quad (3)$$

- iv. La energía disipada por el cluster head es:

$$E_{CH} = L \times (E_{elec} + E_{DA}) + L \times \epsilon_{mp} \times d_{BS} \quad (4)$$

Donde L es el número de bits a transmitir,  $E_{elec}$  es la energía requerida para el circuito de transmisión o recepción,  $\epsilon_{mp}$  es la energía utilizada por bit en la radio frecuencia,  $E_{DA}$  es la energía necesaria para agregar datos,  $d_{CH}$  es la distancia promedio entre un nodo y su cluster head y  $d_{BS}$  es la distancia promedio entre el cluster head y la estación base.

### III. RESULTADOS DE SIMULACION

En la tabla I se muestran los parámetros utilizados para las simulaciones:

TABLA I: *Parametros de simulación.*

Parameter	Values	
	Even	Uneven
Number of nodes	145	169
Area of deployment (square)	80 x 80	100 x 80
Base Station Location	(100,40)	(120,40)
Number of Cluster Heads	04	10
Nodes Distribution	Deterministic	
Node Deployment	Triangular Grid Based	
Initial Energy of every node	0.5 J	
Energy required for data aggregation ( $E_{DA}$ )	5 nJ/bit/node	
Transmitter and Receiver Circuitry dissipation ( $E_{elec}$ )	50 nJ/bit/m <sup>4</sup>	
Amplifier dissipation multipath ( $E_{mp}$ )	0.0013 pJ/bit/m <sup>4</sup>	
Routing Protocol	LEACH	
Data Packet Size	100 bytes	
Packet Size with DPCM	60 bytes	
Packet Size with DM	25 bytes	

Para el análisis se ocupó un área de 80 X80 en el caso de la división pareja y de 100 X80 en el caso de la dispareja. Los nodos fueron situados en una topología triangular, ya que, esto el área de cobertura de los nodos se mejora y se disminuye superposición de mediciones, lo que aumenta la eficiencia energética de la red. Después los nodos se agrupan en sus respectivos cuadros. La localización de la estación base fue seleccionada como (100, 40) para el caso de división pareja y como (120, 40) en el caso de la dispareja, lo que está alejado del área de sensores. Los nodos están agrupados en cuatro cuadros iguales en el caso parejo y en el caso disparejo se agrupan en cuadros de distinto tamaño como se puede ver en la figura 1.

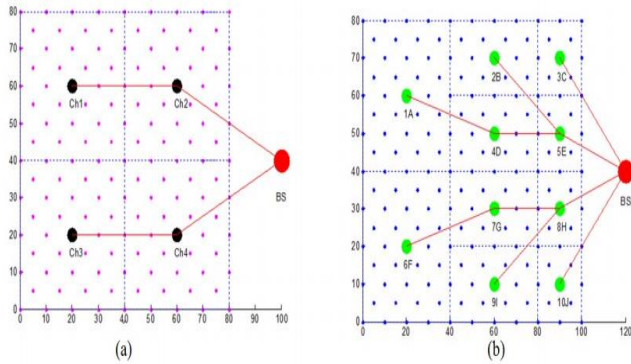


Fig. 1. (a) División pareja. (b) División dispareja.

Inicialmente todos los nodos tienen un nivel de energía igual a 0.5[J]. Los nodos del primer cuadro en el caso par, le envían sus datos a su cluster head (CH1). La energía utilizada por los nodos se calcula usando la ecuación (3) y esa energía es reducida de la energía inicial de cada nodo. Este cluster head recibe los datos y se los envía a CH2. La energía utilizada para esto se calcula usando (2) y (4). CH2 recibe los datos de CH1 y debe agregarle sus propios datos para después enviarlos a la estación base, la energía utilizada para esto se debe descontar de la energía inicial de CH2. Lo mismo aplica para CH3 con CH4.

Todo este proceso se lleva a cabo utilizando las técnicas de modulación Pulse Code Modulation (PCM) donde se ocupa todo el dato sensado para la carga útil, Delta Pulse Code Modulation (DPCM) donde se transmite la diferencia entre la medición actual y la anterior y Modulación Delta (DM) donde solo se envía un bit. En las figuras 3 y 4 se puede ver como se reduce la energía utilizada debido a las distintas técnicas de modulación para la división pareja y dispareja respectivamente.

En la figura 2 se ve claramente como DPCM gasta menos energía que PCM y que DM tiene un consumo de energía mucho menor para que los cluster heads transmitan los datos.

En la figura 3 se puede ver que como sugiere la ecuación (4) el CH 1 y 6, que están más alejados de la estación base, consumen mucho más que el CH 2, 4, 7 y 9, y los CH 3, 5, 8, 10 consumen menos todavía ya que se reparten la carga de la red y aparte están más cerca de la estación base.

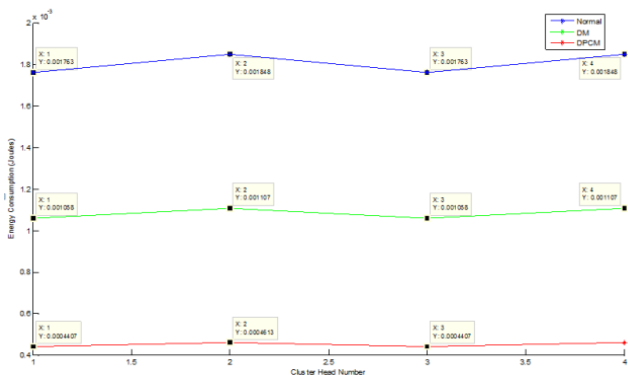


Fig. 2. Consumo de energía de los cluster heads para cada tipo de modulación en la división pareja.

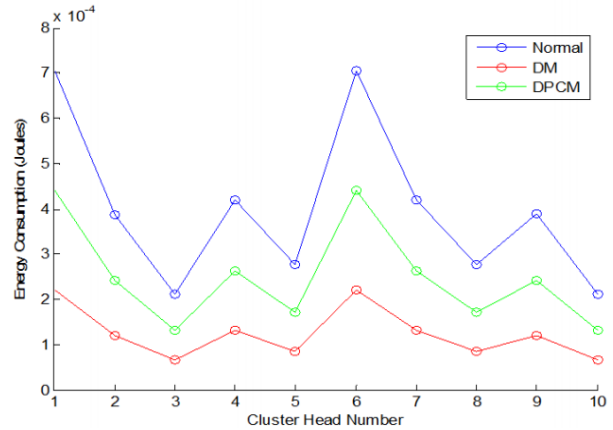


Fig. 3. Consumo de energía de los cluster heads para cada tipo de modulación en la división dispareja.

En la tabla II se puede observar la comparación entre ambos tipos de división. De esta tabla se deduce que para los nodos más alejados de la estación base, el consumo energético es prácticamente el mismo, pero, en los más cercanos a la estación base se puede observar un consumo mucho menor en el caso de la división dispareja. Cabe destacar que la comparación fue hecha para los tres casos, PCM, DPCM y DM.

Como lo que buscamos es mejorar la vida útil de los sensores, entonces se mide cuantos ciclos se demora en que al primer nodo de la red se le acabe la energía en cada uno de los casos.

La simulación está hecha hasta que se le acabe la energía a uno de los nodos de la red y el número de ciclos que le toma es considerado como parámetro para observar la mejora en el tiempo de vida de la red. La comparación entre PCM, DPCM y DM puede verse en la figura 4 y los valores con comparación se encuentran en la tabla III. De la comparación se puede ver que al disminuir el tamaño de los paquetes con las técnicas de modulación la vida útil de la red aumenta. Se ve que usando DPCM, la vida útil de la red aumenta en un 60% respecto a PCM y que usando DM el aumento es de un 131%.

De la Tabla III podemos ver también que en DPCM se aprovecha más el total de la energía de la red que en PCM y en el caso de DM esta se aprovecha incluso más.

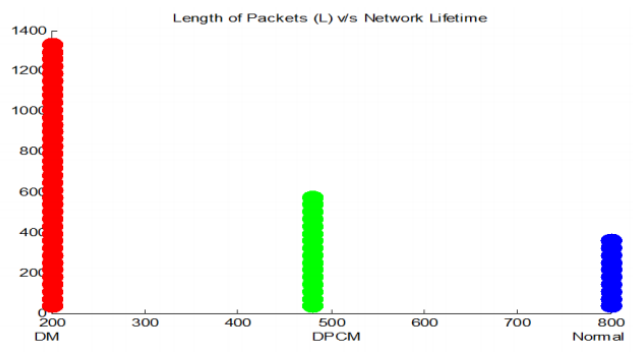


Fig. 4. Comparación de vida util de la red utilizando distintas modulaciones.

TABLA II: Comparacion del consume de energía entre la division pareja y la dispareja.

	Clusters away from BS Energy(Joules)		Clusters close to BS Energy (Joules)				Improvement in Energy Consumption
PCM							
<b>Even</b>	1 0.00176	3 0.001763	2 0.001848	4 0.001848			<b>11.6 %</b>
<b>Uneven</b>	1 0.001763	6 0.001763	2 0.000534	4 0.001054	7 0.001054	9 0.00054	
DPCM							
<b>Even</b>	1 0.00105	3 0.00105	2 0.001107	4 0.001107			<b>11.6 %</b>
<b>Uneven</b>	1 0.00105	6 0.00105	2 0.000320	4 0.0006324	7 0.000632	9 0.00032	
DM							
<b>Even</b>	1 0.00044	3 0.00044	2 0.000461	4 0.00046			<b>11.588 %</b>
<b>Uneven</b>	1 0.0004404	6 0.0004401	2 0.0001336	4 0.0002635	7 0.000264	9 0.0001345	

TABLA III: Comparacion de vida util.

	PCM	DPCM	DM
<b>Length of Packets</b>	800	480	200
<b>Network Lifetime</b>	361	577	1333
<b>First node got exhausted</b>	306	509	1221
<b>Consumed Overall Energy</b>	84.7%	88.2%	91.5%

#### IV. CONCLUSION Y OBSERVACIONES

A partir de las simulaciones se puede concluir que el uso de la división dispareja provee a la red de un consumo de energía bastante menor que en el caso de la división pareja, lo que conlleva a una mayor vida útil de la red y por ende a una red más eficiente energéticamente hablando.

El consumo en el caso de la división dispareja es cerca de un 11% menor que en la pareja como se puede ver en la tabla II. Este resultado se dio en los tres casos, PCM, DPCM y DM, por lo que se dice que esta disminución en el consumo se debe exclusivamente al tipo de división que se ocupa y no depende del tipo de modulación utilizado.

Al observar el hecho de que el tamaño de los paquetes afecta el consumo de energía, el uso de la modulación DPCM y DM demuestran ser buenas opciones a la hora de optimizar el tamaño de los paquetes. Aparte también hacen un mejor uso de la energía total de la red ya que dejan un excedente menor de la energía inicial total de la red al terminar la vida útil de esta.

Como comentario para trabajos futuros como este se debe tener cuidado a la hora de escoger un paper, ya que, como en este caso particular, algunos gráficos no les coincidían los valores, se omitían algunos datos en tablas y algunas de las referencias no hacían referencia a lo que según el texto deberían.

#### REFERENCES

- [1] Abhaykumar L. Gupta and Narendra Shekoker, "A Novel Approach to Improve Network Lifetime in WSN by Energy Efficient Packet Optimization," 2016 2nd IEEE International Conference on Engineering and Technology (ICETECH), pp, 978-1-4673-99,17-18 March 2016
- [2] Ademola P. Abidoye, Nureni A. Azeez, Ademola O. Adesina, Kehinde K. Agbele, ANCAEE: A Novel Clustering Algorithm for Energy Efficiency in Wireless Sensor Networks Wireless Sensor Network, 2011, 3, 307-312 doi:10.4236/wsn.2011.39032 Published Online September 2011 (<http://www.SciRP.org/journal/wsn>)
- [3] Akshay, N.; Kumar, M.P.; Harish, B.; Dhanorkar, S., An efficient approach for sensor deployments in wireless sensor network Emerging Trends in Robotics and Communication Technologies (INTERACT), 2010 International Conference on , vol., no., pp.350,355, 3-5 Dec. 2010