



DEPARTAMENTO
DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA



Fog, Edge y Cloud: ¿Qué hay detrás de este tridente goleador?

IEEE ComSoc Latin America Open Webinar

Esteban Mocskos

Departamento de Computación
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

31/03/2022

1 Internet of Things - IoT

2 Cloud

3 Fog & Edge

4 Comunicaciones

5 Case study

6 Conclusions

¿Internet of Things?

- Dispositivos de características **muy** variadas inter-conectados.



¿Internet of Things?



- Dispositivos de características **muy** variadas inter-conectados.
- La idea es que todos sean visibles y pueden interactuar entre sí.

¿Internet of Things?



- Dispositivos de características **muy** variadas inter-conectados.
- La idea es que todos sean visibles y pueden interactuar entre sí.
- Podrían ser sensores, actuadores o dispositivos de uso doméstico (heladera, ropa).



¿Internet of Things?



- Dispositivos de características **muy** variadas inter-conectados.
- La idea es que todos sean visibles y pueden interactuar entre sí.
- Podrían ser sensores, actuadores o dispositivos de uso doméstico (heladera, ropa).
- La idea es que todo lo que uno se puede imaginar, estará conectado e interactuará sin la necesidad de interacción humana.

¿Internet of Things?

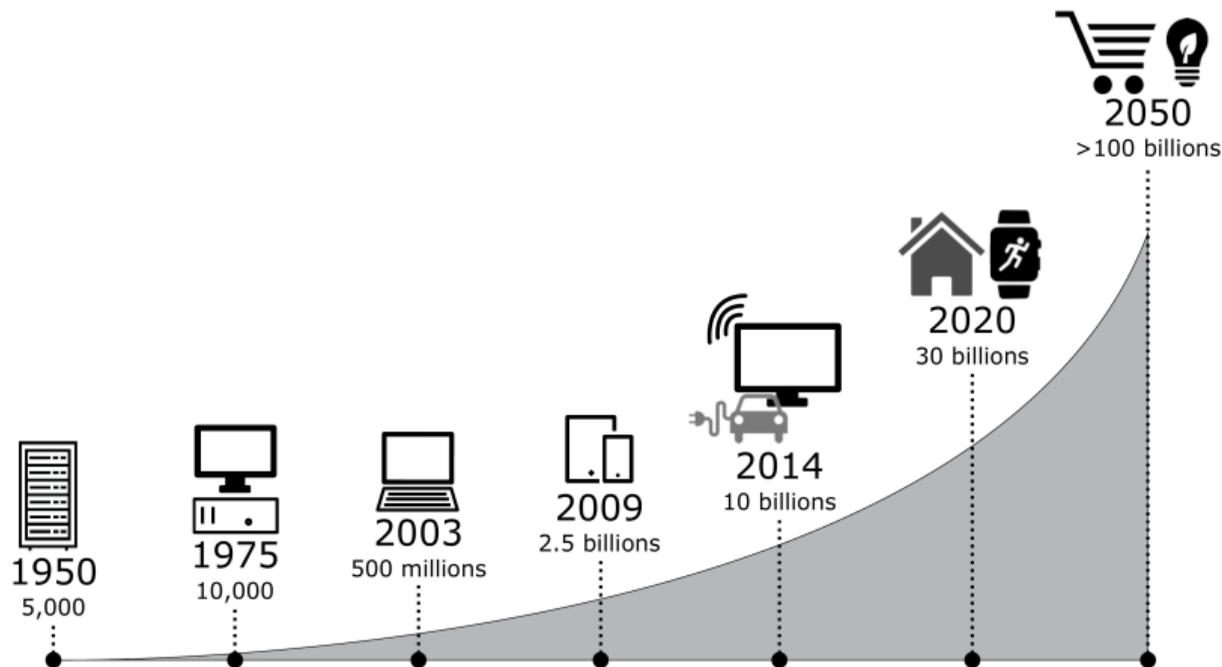


- Dispositivos de características **muy** variadas inter-conectados.
- La idea es que todos sean visibles y pueden interactuar entre sí.
- Podrían ser sensores, actuadores o dispositivos de uso doméstico (heladera, ropa).
- La idea es que todo lo que uno se puede imaginar, estará conectado e interactuará sin la necesidad de interacción humana.
- Surgen los mecanismos de interacción denominados Machine-to-Machine (M2M) o Device-to-Device (D2D).

Ecosistema IoT



El tema es la escala



Capra, Maurizio & Peloso, Riccardo & Masera, Guido & Ruo Roch, Massimo & Martina, Maurizio. (2019). Edge Computing: A Survey On the Hardware Requirements in the Internet of Things World. Future Internet.



El escenario nos plantea desafíos

- Procesamiento
- Transmisión
- Seguridad

1 Internet of Things - IoT

2 Cloud

3 Fog & Edge

4 Comunicaciones

5 Case study

6 Conclusions

¿Qué es Cloud Computing?

- Se utiliza **Internet** para hacer llegar hardware, software y servicios a los usuarios.

¿Qué es Cloud Computing?

- Se utiliza **Internet** para hacer llegar hardware, software y servicios a los usuarios.
- Se basa en lo que se conocía como *Utility Computing*.

¿Qué es Cloud Computing?

- Se utiliza **Internet** para hacer llegar hardware, software y servicios a los usuarios.
- Se basa en lo que se conocía como *Utility Computing*.
- **On demand:** los recursos están *always, anywhere y anytime*.

¿Qué es Cloud Computing?

- Se utiliza **Internet** para hacer llegar hardware, software y servicios a los usuarios.
- Se basa en lo que se conocía como *Utility Computing*.
- **On demand**: los recursos están *always, anywhere y anytime*.
- **Elastic**: se paga por lo que se usa y se necesita, se puede aumentar y disminuir los recursos en base a la necesidad.

¿Qué es Cloud Computing?

- Se utiliza **Internet** para hacer llegar hardware, software y servicios a los usuarios.
- Se basa en lo que se conocía como *Utility Computing*.
- **On demand**: los recursos están *always, anywhere y anytime*.
- **Elastic**: se paga por lo que se usa y se necesita, se puede aumentar y disminuir los recursos en base a la necesidad.
- Se **esconde** la complejidad y los detalles de la infraestructura necesaria y se brinda una interface sencilla al usuario.



Tipos de clouds

- **Pública:** están abiertas al público en general (i.e. Amazon o Google).

Tipos de clouds

- **Pública:** están abiertas al público en general (i.e. Amazon o Google).
- **Privada:** se arma una infraestructura de nube, pero a la que únicamente accede una organización (por ejemplo, un servicio de almacenamiento de una empresa). Se mantiene aislada de Internet para aumentar la seguridad.



Tipos de clouds

- **Pública:** están abiertas al público en general (i.e. Amazon o Google).
- **Privada:** se arma una infraestructura de nube, pero a la que únicamente accede una organización (por ejemplo, un servicio de almacenamiento de una empresa). Se mantiene aislada de Internet para aumentar la seguridad.
- **Comunitaria:** en este caso se agrupan varias organizaciones para utilizar la infraestructura.



Tipos de clouds

- **Pública:** están abiertas al público en general (i.e. Amazon o Google).
- **Privada:** se arma una infraestructura de nube, pero a la que únicamente accede una organización (por ejemplo, un servicio de almacenamiento de una empresa). Se mantiene aislada de Internet para aumentar la seguridad.
- **Comunitaria:** en este caso se agrupan varias organizaciones para utilizar la infraestructura.
- **Híbrida:** se mezcla la utilización de una red privada y pública. Hay dos grandes formas de combinar:



Tipos de clouds

- **Pública:** están abiertas al público en general (i.e. Amazon o Google).
- **Privada:** se arma una infraestructura de nube, pero a la que únicamente accede una organización (por ejemplo, un servicio de almacenamiento de una empresa). Se mantiene aislada de Internet para aumentar la seguridad.
- **Comunitaria:** en este caso se agrupan varias organizaciones para utilizar la infraestructura.
- **Híbrida:** se mezcla la utilización de una red privada y pública. Hay dos grandes formas de combinar:
 - Seguridad



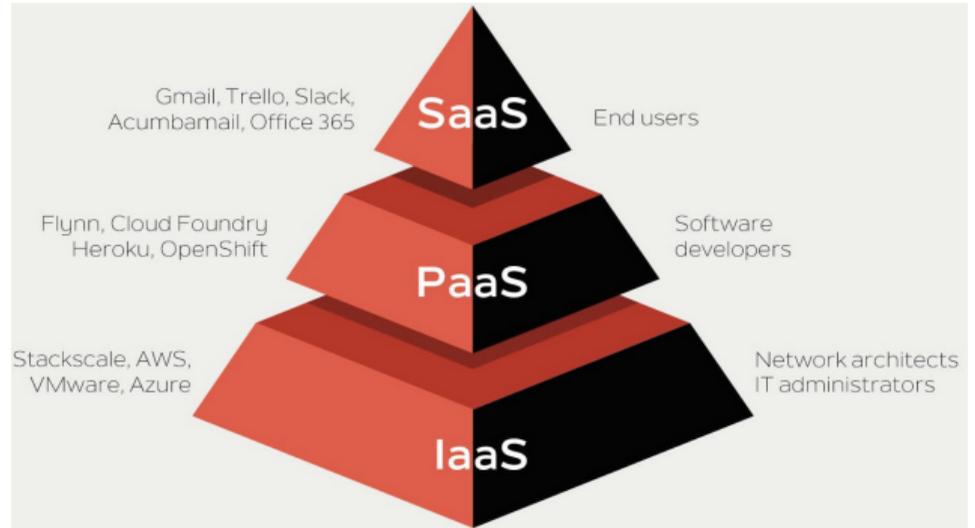
Tipos de clouds

- **Pública:** están abiertas al público en general (i.e. Amazon o Google).
- **Privada:** se arma una infraestructura de nube, pero a la que únicamente accede una organización (por ejemplo, un servicio de almacenamiento de una empresa). Se mantiene aislada de Internet para aumentar la seguridad.
- **Comunitaria:** en este caso se agrupan varias organizaciones para utilizar la infraestructura.
- **Híbrida:** se mezcla la utilización de una red privada y pública. Hay dos grandes formas de combinar:
 - Seguridad
 - Capacidad/Demanda



Modelos de servicio

- **Software as a Service - SaaS**
- **Platform as a Service - PaaS**
- **Infrastructure as a Service - IaaS**



1 Internet of Things - IoT

2 Cloud

3 Fog & Edge

4 Comunicaciones

5 Case study

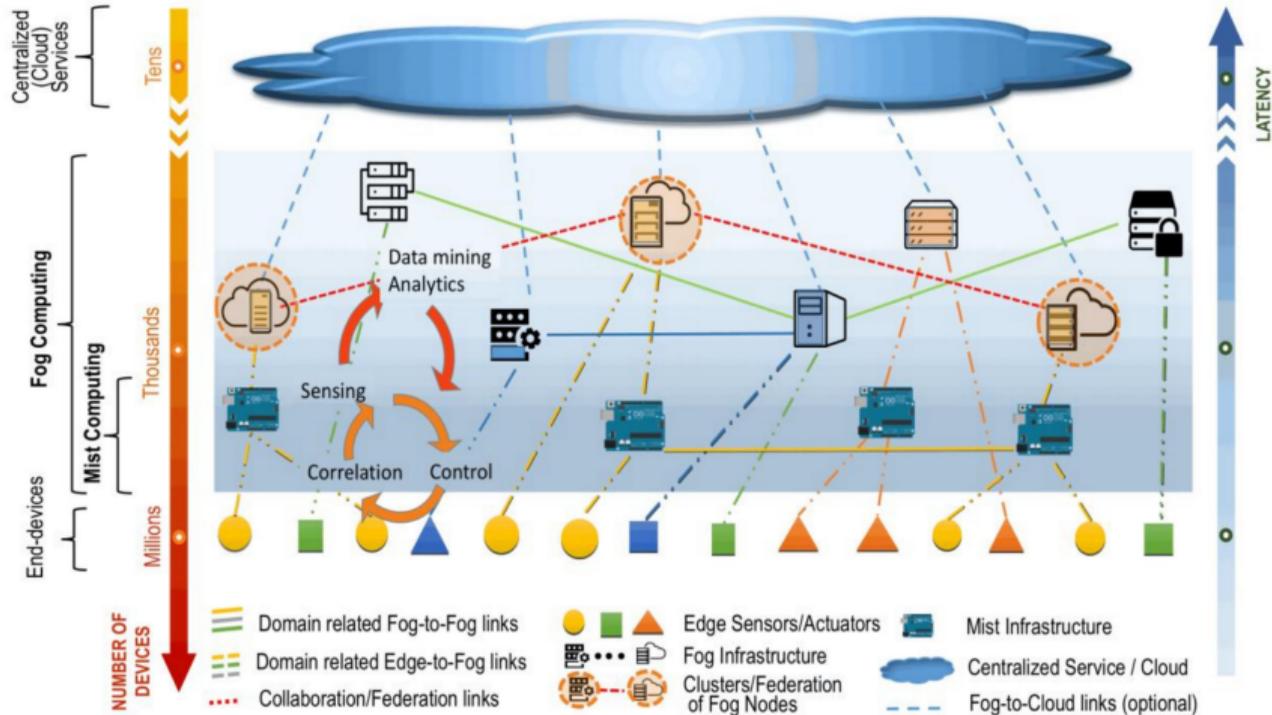
6 Conclusions

El escenario nos plantea desafíos

Transmisión

Procesamiento

Fog Computing



Definición

- Extiende la idea de *Cloud Computing* para **acercarse** a los usuarios.

Definición

- Extiende la idea de *Cloud Computing* para **acercarse** a los usuarios.
- Es un servicio **distribuido**.

Definición

- Extiende la idea de *Cloud Computing* para **acercarse** a los usuarios.
- Es un servicio **distribuido**.
- Busca bajar la **latencia**.

Definición

- Extiende la idea de *Cloud Computing* para **acercarse** a los usuarios.
- Es un servicio **distribuido**.
- Busca bajar la **latencia**.
- Disminuye el impacto del **tráfico** generado por los dispositivos.

Definición

- Extiende la idea de *Cloud Computing* para **acercarse** a los usuarios.
- Es un servicio **distribuido**.
- Busca bajar la **latencia**.
- Disminuye el impacto del **tráfico** generado por los dispositivos.

Definición

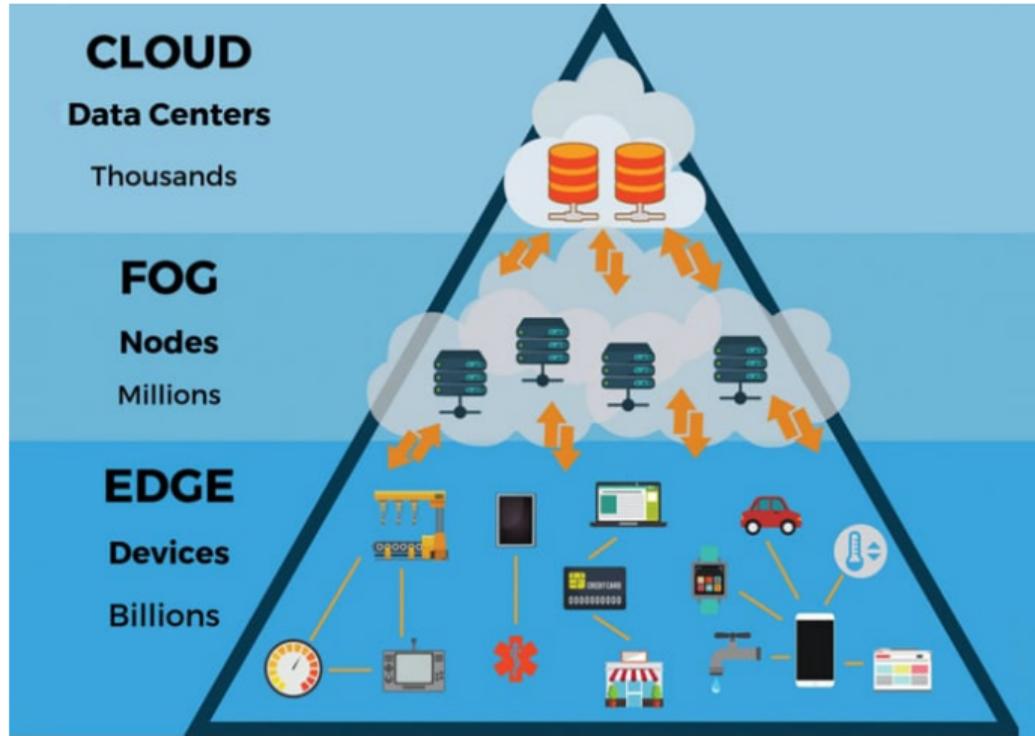
- Extiende la idea de *Cloud Computing* para **acercarse** a los usuarios.
- Es un servicio **distribuido**.
- Busca bajar la **latencia**.
- Disminuye el impacto del **tráfico** generado por los dispositivos.

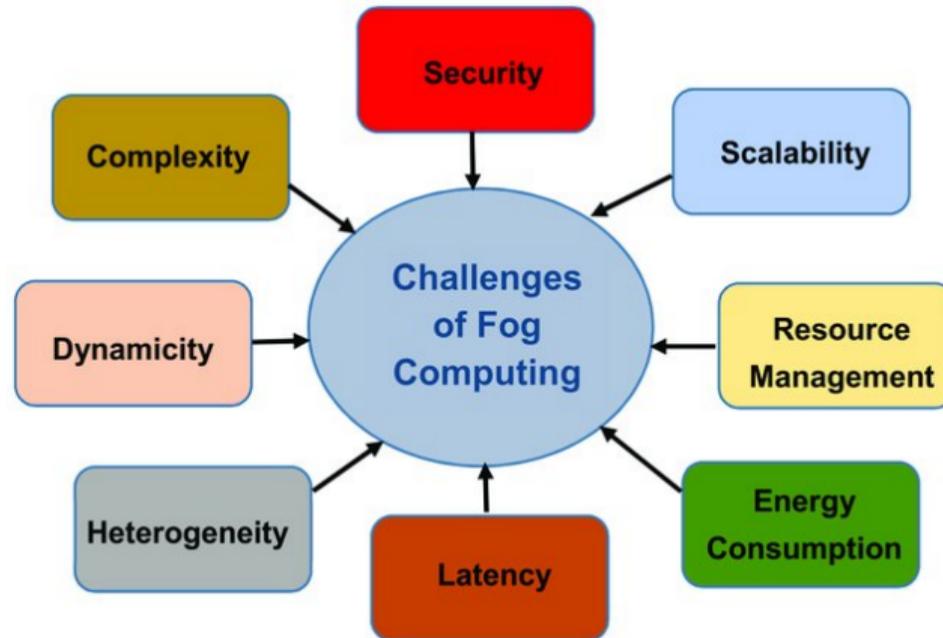
La clave

Se busca procesar y almacenar **localmente** sin enviar todo a la *cloud*.



Fog & Edge Computing





Atlam, Hany & Walters, Robert & Wills, Gary. (2018). Fog Computing and the Internet of Things: A Review. Big Data and Cognitive Computing.

Yo me pregunto...

- ¿Cómo hacemos para empaquetar la **aplicación** a ejecutar?

Yo me pregunto...

- ¿Cómo hacemos para empaquetar la **aplicación** a ejecutar?
- ¿Qué mecanismo usamos para saber el estado de los **recursos**?

Yo me pregunto...

- ¿Cómo hacemos para empaquetar la **aplicación** a ejecutar?
- ¿Qué mecanismo usamos para saber el estado de los **recursos**?
- ¿Cómo **planifico** cuando no sé si los recursos van a estar disponibles?

Yo me pregunto...

- ¿Cómo hacemos para empaquetar la **aplicación** a ejecutar?
- ¿Qué mecanismo usamos para saber el estado de los **recursos**?
- ¿Cómo **planifico** cuando no sé si los recursos van a estar disponibles?
- ¿**Separo** los recursos en subconjuntos o permito solapamiento?



Yo me pregunto...

- ¿Cómo hacemos para empaquetar la **aplicación** a ejecutar?
- ¿Qué mecanismo usamos para saber el estado de los **recursos**?
- ¿Cómo **planifico** cuando no sé si los recursos van a estar disponibles?
- ¿**Separo** los recursos en subconjuntos o permito solapamiento?
- ¿El **dueño** del recurso, me lo dejará usar?



Yo me pregunto...

- ¿Cómo hacemos para empaquetar la **aplicación** a ejecutar?
- ¿Qué mecanismo usamos para saber el estado de los **recursos**?
- ¿Cómo **planifico** cuando no sé si los recursos van a estar disponibles?
- ¿**Separo** los recursos en subconjuntos o permito solapamiento?
- ¿El **dueño** del recurso, me lo dejará usar?
- Responsabilidades. Seguridad. Movimiento.

1 Internet of Things - IoT

2 Cloud

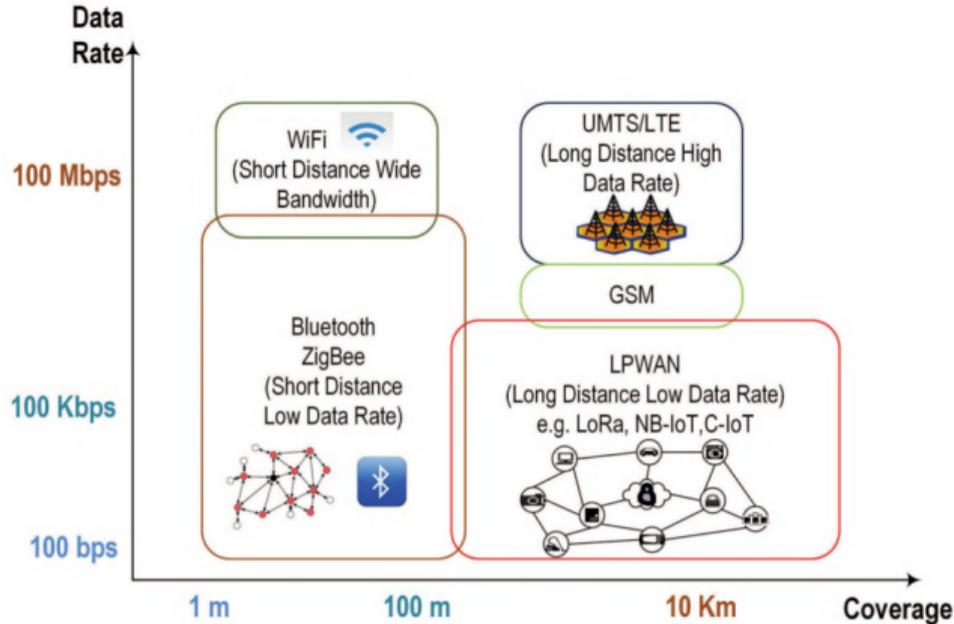
3 Fog & Edge

4 Comunicaciones

5 Case study

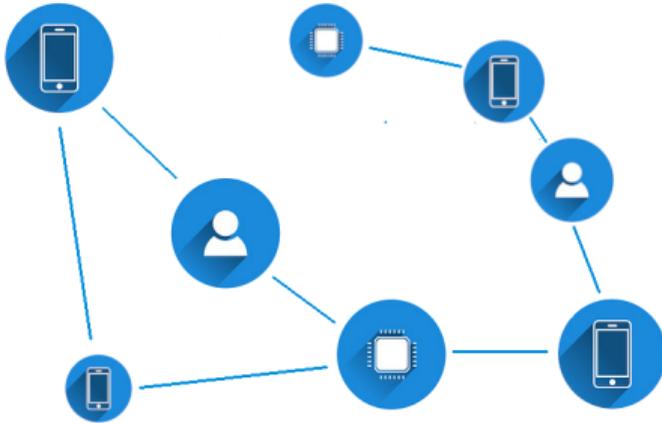
6 Conclusions

Las tecnologías de comunicación son un actor clave



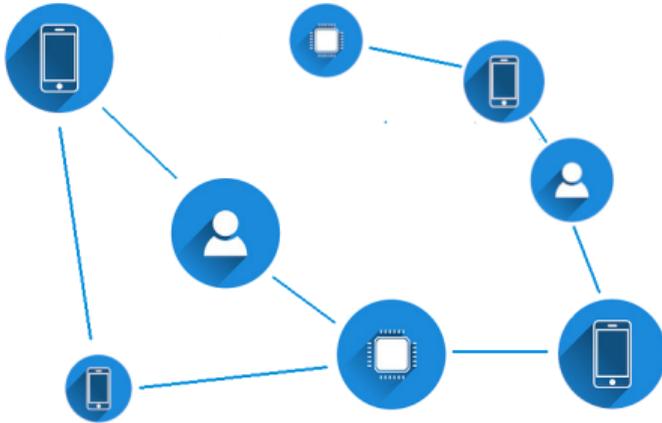
- Cobertura vs Data rate.
- Consumo.
- Implementaciones.

¿Qué es D2D?



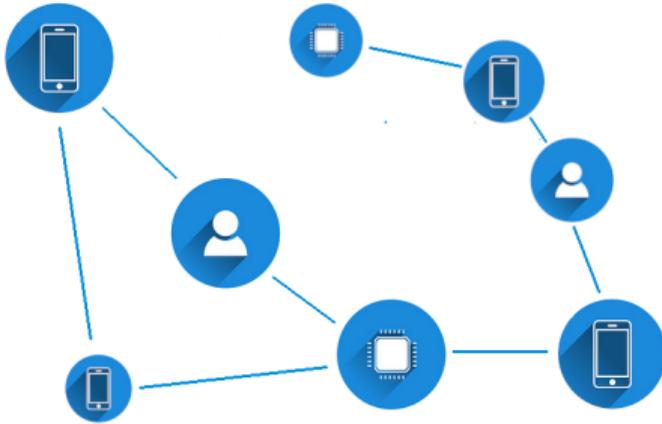
- Trata de que dispositivos cercanos puedan comunicarse directamente.

¿Qué es D2D?



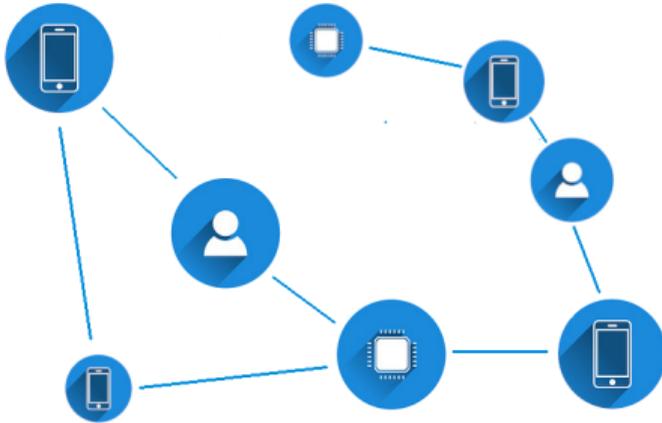
- Trata de que dispositivos cercanos puedan comunicarse directamente.
- Será incorporado como parte de los próximos standards de redes celulares.

¿Qué es D2D?



- Trata de que dispositivos cercanos puedan comunicarse directamente.
- Será incorporado como parte de los próximos standards de redes celulares.
- Evita la sobrecarga de la red.

¿Qué es D2D?



- Trata de que dispositivos cercanos puedan comunicarse directamente.
- Será incorporado como parte de los próximos standards de redes celulares.
- Evita la sobrecarga de la red.
- Puede ser utilizado como un medio para extender la cobertura.

¿Qué es NB-IoT?

- Es un standard que define una tecnología tipo *Low Power Wide Area* (LPWA).



¿Qué es NB-IoT?

- Es un standard que define una tecnología tipo *Low Power Wide Area* (LPWA).
- Se monta sobre tecnología existente (5G).



¿Qué es NB-IoT?

- Es un standard que define una tecnología tipo *Low Power Wide Area* (LPWA).
- Se monta sobre tecnología existente (5G).
- Buscar servir de plataforma para un amplio espectro de servicios para IoT.



¿Qué es NB-IoT?



- Es un standard que define una tecnología tipo *Low Power Wide Area* (LPWA).
- Se monta sobre tecnología existente (5G).
- Buscar servir de plataforma para un amplio espectro de servicios para IoT.
- Mejora significativamente el consumo de los dispositivos y se enfoca en ampliar cobertura.

¿Qué es NB-IoT?



- Es un standard que define una tecnología tipo *Low Power Wide Area* (LPWA).
- Se monta sobre tecnología existente (5G).
- Buscar servir de plataforma para un amplio espectro de servicios para IoT.
- Mejora significativamente el consumo de los dispositivos y se enfoca en ampliar cobertura.
- El objetivo es que dispositivos simples puedan funcionar con una batería común por 10 años o más.



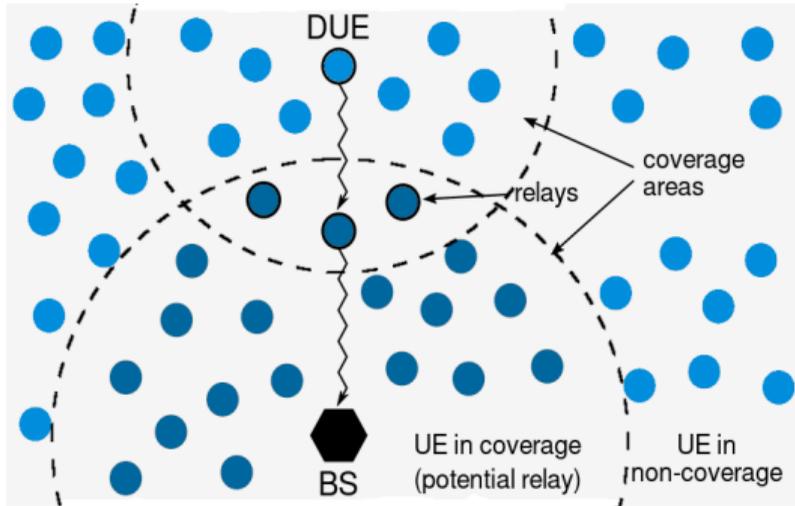
¿Qué es NB-IoT?



- Es un standard que define una tecnología tipo *Low Power Wide Area* (LPWA).
- Se monta sobre tecnología existente (5G).
- Buscar servir de plataforma para un amplio espectro de servicios para IoT.
- Mejora significativamente el consumo de los dispositivos y se enfoca en ampliar cobertura.
- El objetivo es que dispositivos simples puedan funcionar con una batería común por 10 años o más.
- Por como está definido, puede coexistir con redes 2G, 3G y 4G.

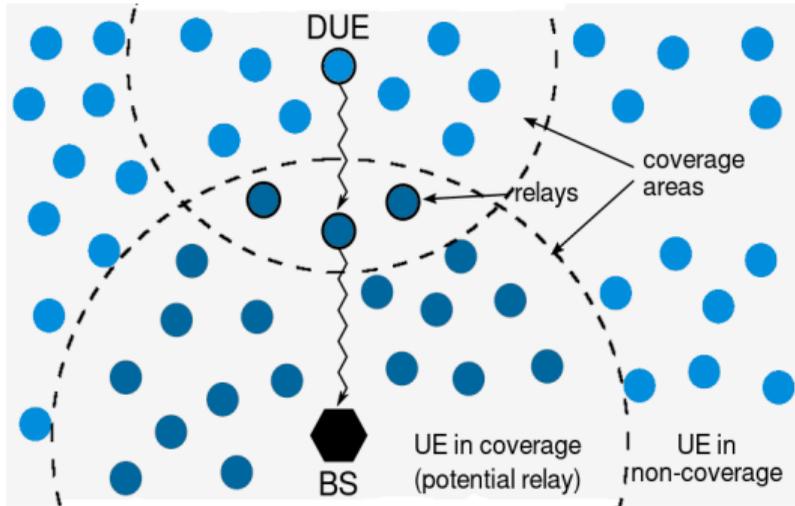


Extendiendo NB-IoT con D2D



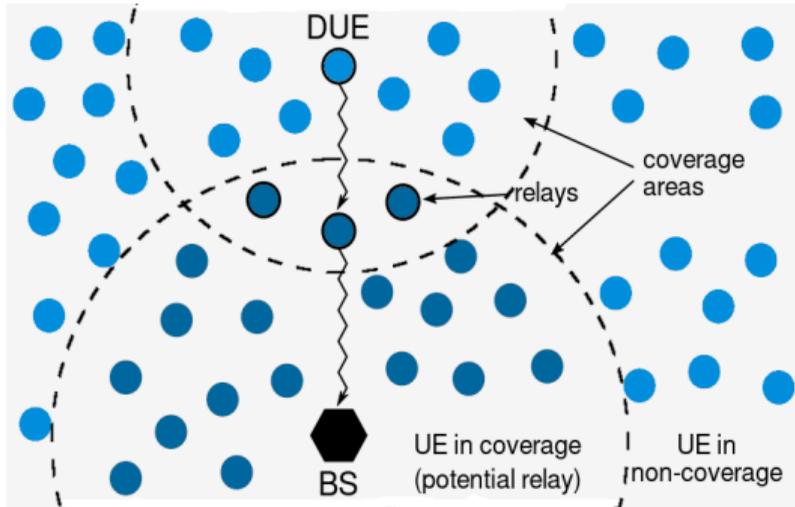
- La comunicación D2D puede soportar los dispositivos fuera de cobertura.

Extendiendo NB-IoT con D2D



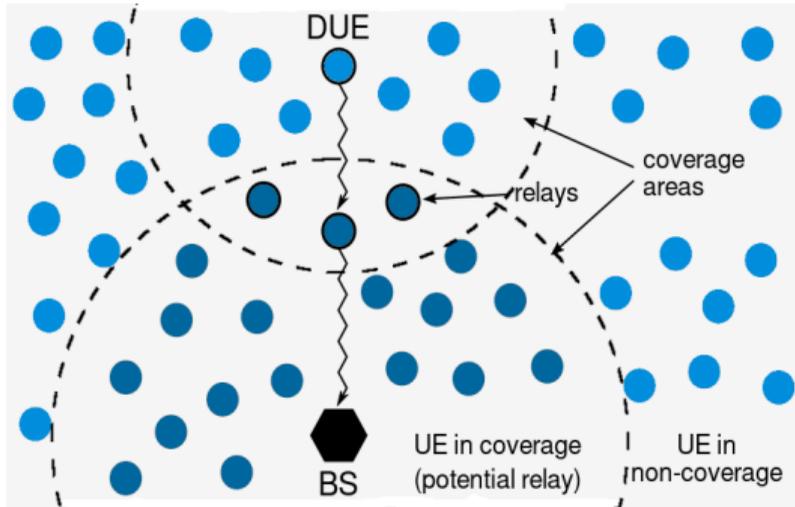
- La comunicación D2D puede soportar los dispositivos fuera de cobertura.
- Se monta sobre NB-IoT.

Extendiendo NB-IoT con D2D



- La comunicación D2D puede soportar los dispositivos fuera de cobertura.
- Se monta sobre NB-IoT.
- Se extiende el área de cobertura.

Extendiendo NB-IoT con D2D



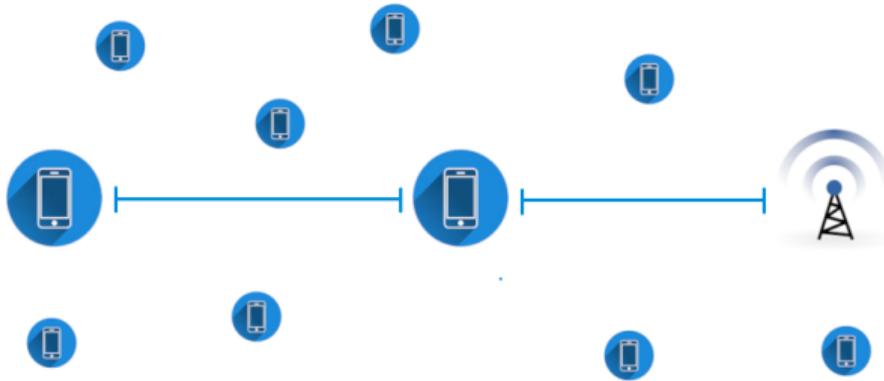
- La comunicación D2D puede soportar los dispositivos fuera de cobertura.
- Se monta sobre NB-IoT.
- Se extiende el área de cobertura.
- Se reutiliza la infraestructura de la red celular existente.

¿Qué hacemos con todo esto?

- Buscamos evaluar la calidad de la comunicación D2D bajo un esquema de comunicación NB-IoT.
- Se definen distintos escenarios considerando los obstáculos, otros dispositivos, potencia de transmisión, etc.
- Nos enfocamos en entender las condiciones en las que la comunicación deja de funcionar.



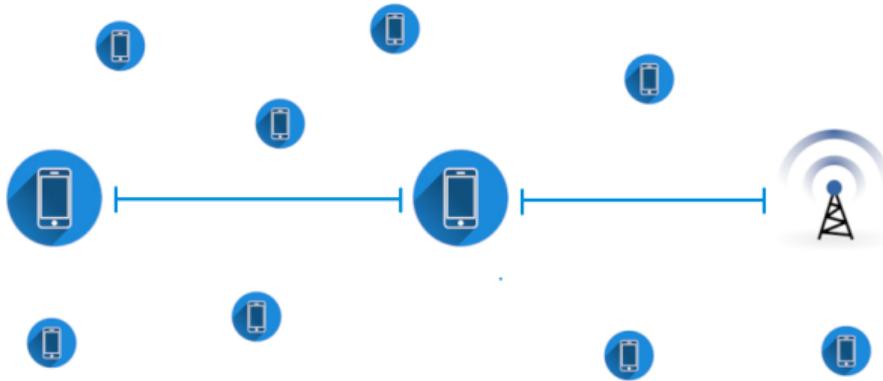
Distancia entre dispositivos



Dispositivo, relay y Base station

- En el modelo de Rayleigh corresponde con d .

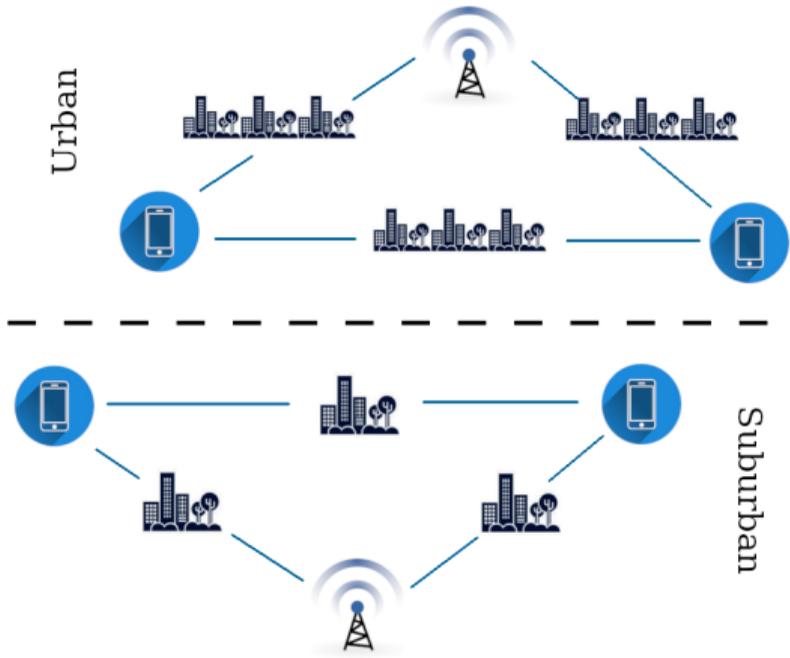
Distancia entre dispositivos



Dispositivo, relay y Base station

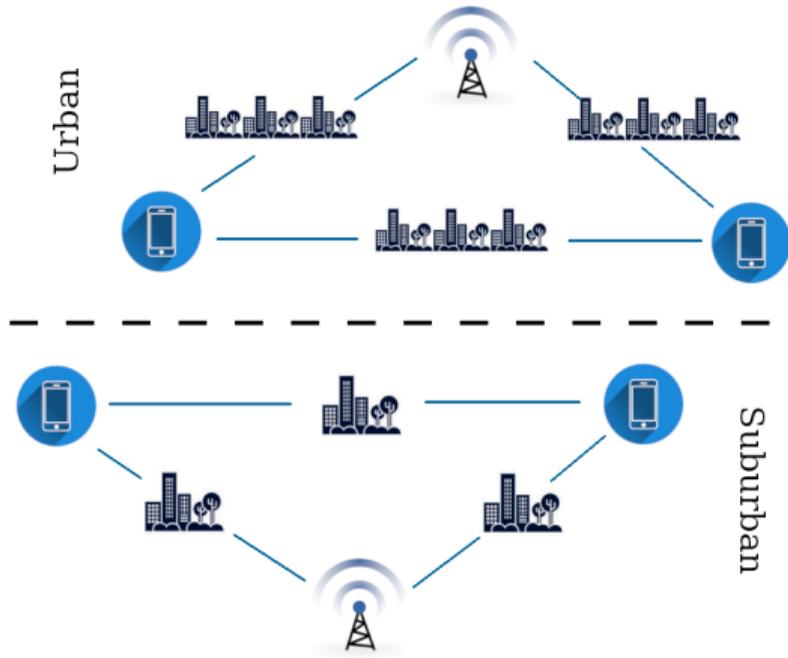
- En el modelo de Rayleigh corresponde con d .
- Distancias largas \Rightarrow baja calidad en comunicación.

Densidad de obstáculos



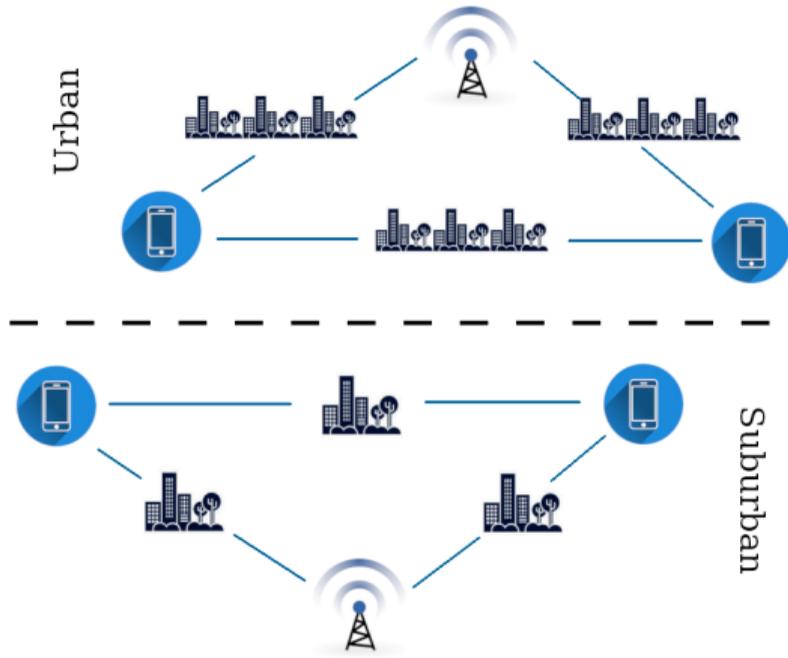
- En el modelo de Rayleigh es α .

Densidad de obstáculos



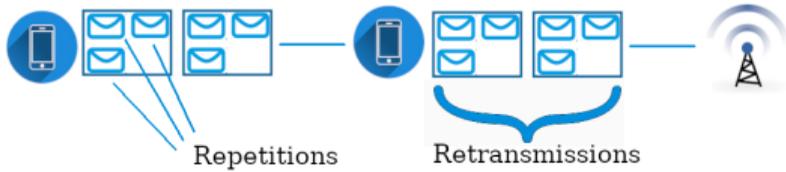
- En el modelo de Rayleigh es α .
- Escenario urbano: alta densidad.

Densidad de obstáculos



- En el modelo de Rayleigh es α .
- Escenario urbano: alta densidad.
- Escenario suburbano: baja densidad.

Scheduling de la transmisión



Retransmisiones y repeticiones

- **Repeticiones:** Se copian varias veces el mismo mensaje.

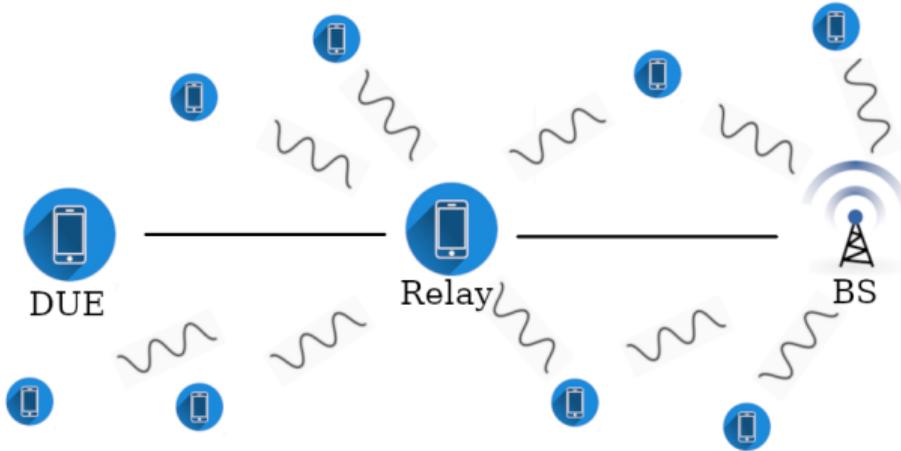
Scheduling de la transmisión



Retransmisiones y repeticiones

- **Repeticiones:** Se copian varias veces el mismo mensaje.
- **Retransmisiones:** varios bloques de mensajes.

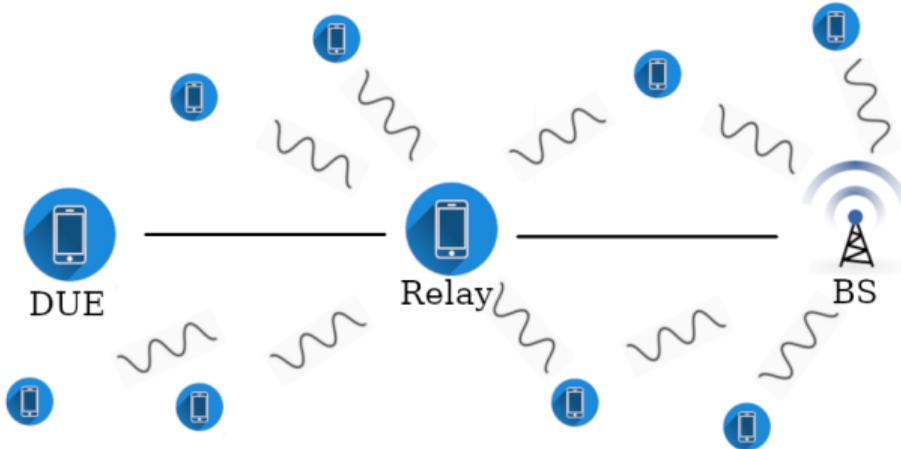
Densidad de dispositivos que interfieren



- Corresponde con la sumatoria en el cociente del modelo de Rayleigh.

Interferencia al relay y a la base station

Densidad de dispositivos que interfieren



Interferencia al relay y a la base station

- Corresponde con la sumatoria en el cociente del modelo de Rayleigh.
- Depende de la distancia y la potencia de los dispositivos.

1 Internet of Things - IoT

2 Cloud

3 Fog & Edge

4 Comunicaciones

5 Case study

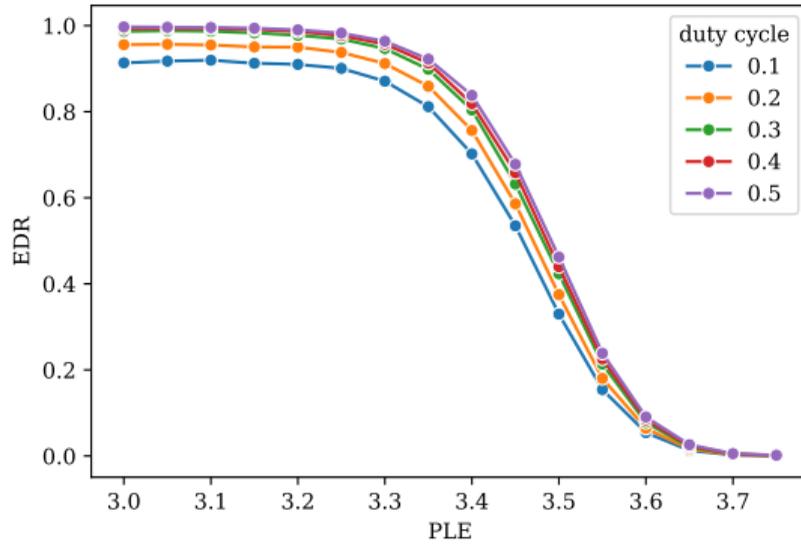
6 Conclusions

Caso de estudio

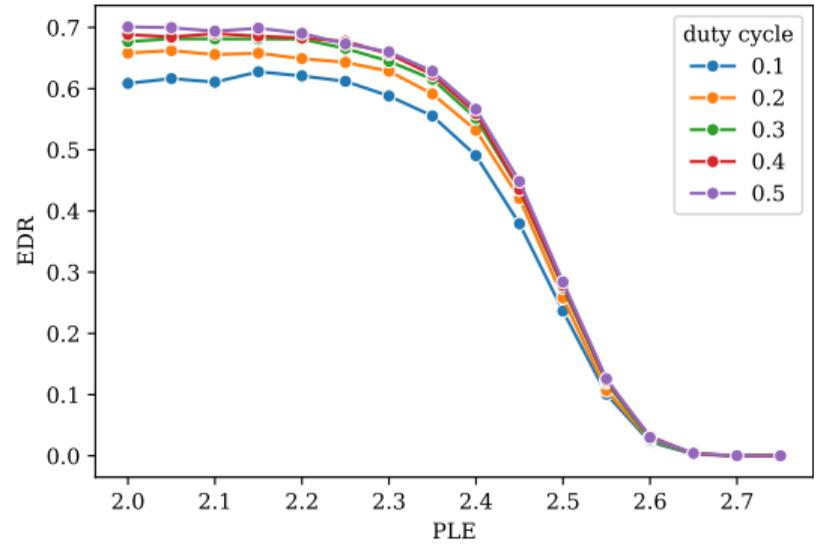
Parameter	Value (urban)	Value (suburban)	Unit
Relay density	2500	260	1/km ²
Non-coverage UE density	150, 250, 350, 500, 600	1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0	1/km ²
PLE	3.0 to 3.8 (0.05 steps)	2.00 to 2.75 (0.05 steps)	
Duty cycles	10, 20, 30, 40, 50	10, 20, 30, 40, 50	%
Maximum retransmissions (N)	10 to 50 (2 points per step)	10 to 50 (2 points per step)	
<i>BS radius</i>	200	5000	m
<i>DUE radius</i>	150	450	m
<i>BS-to-DUE distance</i>	250	5450	m
<i>DUE transmit power</i>	13	13	dBm
Noise power (σ^2)	-79.95	-88.5	dBm



EDR vs Densidad

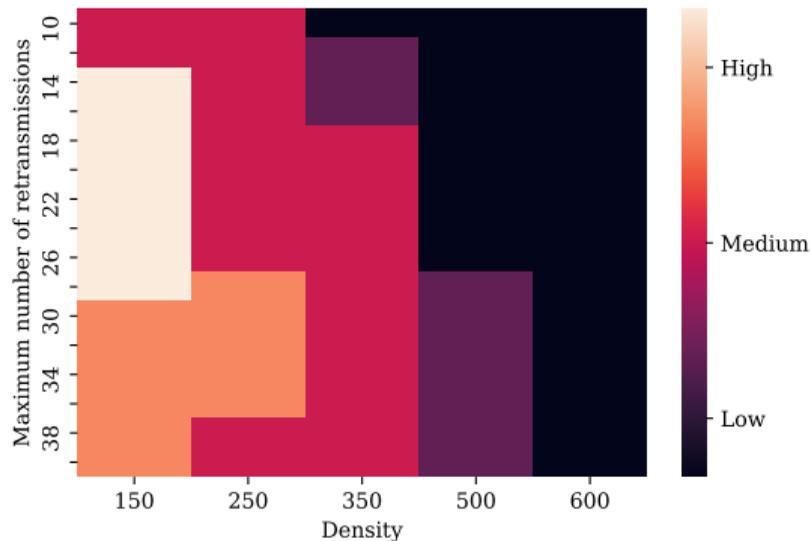


Escenario urbano

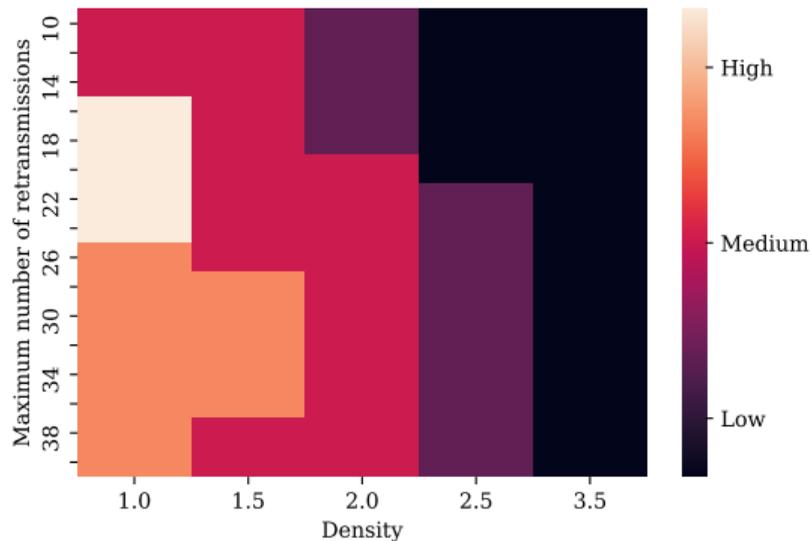


Escenario suburbano

¿Qué conviene? Impacto de la densidad de dispositivos y retransmisiones



Escenario urbano



Escenario suburbano

1 Internet of Things - IoT

2 Cloud

3 Fog & Edge

4 Comunicaciones

5 Case study

6 Conclusions

Conclusiones

- Cloud Computing vino para quedarse.
- Fog & Edge Computing extienden el modelo de Cloud y lo complementan.

Conclusiones

- Cloud Computing vino para quedarse.
- Fog & Edge Computing extienden el modelo de Cloud y lo complementan.
- Hay una gran variedad de preguntas y desafíos que deben ser atacados para que todo sea productivo.



Conclusiones

- Cloud Computing vino para quedarse.
- Fog & Edge Computing extienden el modelo de Cloud y lo complementan.
- Hay una gran variedad de preguntas y desafíos que deben ser atacados para que todo sea productivo.
- La comunicación inalámbrica es uno de los actores principales.
- La utilización de técnicas D2D abre un camino para escalar.

Conclusiones

- Cloud Computing vino para quedarse.
- Fog & Edge Computing extienden el modelo de Cloud y lo complementan.
- Hay una gran variedad de preguntas y desafíos que deben ser atacados para que todo sea productivo.
- La comunicación inalámbrica es uno de los actores principales.
- La utilización de técnicas D2D abre un camino para escalar.

Importante

Hay mucho para hacer y es un área de intersección de diversas disciplinas.





DEPARTAMENTO
DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA



¡Gracias!

Model

$$SINR_{x,y} = \frac{h_{x,y}P_x r^{-\alpha}}{\sum_{t \in \phi_y, t \neq x} h_{t,y}P_t r_{t,y}^{-\alpha} + \sigma^2} \quad (1)$$

$$PDR = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^{L_i/l} (1 - p_b(i,j))^l \quad (2)$$

$$EDR = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{k=1}^K Q_{i,k}^{(x)} PDR_{k,BS_k}^{(N-i)} \quad (3)$$

$$EED = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{k=1}^K Q_{i,k}^{(x)} PDR_{k,BS_k}^{(N-i)} (i\tau + ED_{k,BS_k}^{(N-i)})}{EDR} \quad (4)$$



Case study

Parameter	Value (urban)	Value (suburban)	Unit
Packet size (L)	336	336	bit
Packet size chunk (l)	168	168	bit
Rayleigh channel, μ	1	1	
Rayleigh channel, λ	1	1	
Relay density	2500	260	$1/km^2$
Non-covered UE density	150, 250, 350, 500, 600	1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0	$1/km^2$
PLE	3.0 to 3.8 (0.05 steps)	2.00 to 2.75 (0.05 steps)	
Effective PLE	3.5	2.3	
Effective duty cycle	0.2	0.2	
Duty cycles	10, 20, 30, 40, 50	10, 20, 30, 40, 50	%
Effective Maximum retransmissions (N)	30	30	
Maximum retransmissions (N)	10 to 50 (2 points per step)	10 to 50 (2 points per step)	
BS radius	200	5000	m
DUE radius	150	450	m
BS-to-DUE distance	250	5450	m
DUE transmit power	13	13	dBm
Noise power (σ^2)	-79.95	-88.5	dBm
No. repetitions	0	0	

