



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TELEMÁTICA

Escuela Politécnica Superior
Universidad Carlos III de Madrid

INFORME TÉCNICO

PERVASIVE DISCOVERY PROTOCOL (PDP)

Autora: M^a Celeste Campo Vázquez

2004

Descripción detallada de Pervasive Discovery Protocol

En este anexo se proporciona una descripción detallada del protocolo de descubrimiento de servicios propuesto en esta tesis, para facilitar su implementación. Pervasive Discovery Protocol, es en sí un algoritmo de descubrimiento adaptado a entornos de computación ubicua, basado en una arquitectura distribuida, que propone un nuevo comportamiento de los clientes, a la hora de enviar peticiones de búsquedas de servicios, y de los servidores, a la hora de generar las correspondientes respuestas. Por lo tanto, este algoritmo es aplicable a otros protocolos de descubrimiento de servicios con arquitectura distribuida, sin necesidad de realizar cambios significativos en la estructura de los mensajes, y totalmente independiente de cómo se realice la descripción de los servicios y de cómo se detecta si el servicio solicitado corresponde con alguno de los servicios ofrecidos.

Para realizar esta descripción de PDP, nos hemos basado en la RFC del protocolo SLP v2, centrándonos en su funcionamiento distribuido e incluyendo los mínimos cambios en el formato de los paquetes y reutilizando la descripción de servicios propuesta, basada en URLs y especificada en la RFC 2609. Aclarar, que la especificación aquí proporcionada es autocontenida y no es necesario recurrir a la RFC de SLP para implementar el protocolo.

El motivo por el que hemos seleccionado SLP como base para nuestra descripción es que a día de hoy, es un estándar de Internet, el resto de propuestas que hemos estudiado se encuentran en desarrollo o no han obtenido el consenso suficiente para pasar del estado de draft.

Para facilitar la implementación de PDP a partir de la especificación, se proporcionan diagramas de flujo para describir el comportamiento de clientes y servidores. Estos diagramas se han realizado basándonos en el lenguaje de especificación SDL, aunque en ningún momento se da una descripción completa del protocolo empleado este lenguaje, ya que no era uno de los objetivos marcados en esta tesis.

Terminología

- Agente de Usuario PDP (PDP-UA): Proceso encargado de localizar servicios a las aplicaciones del usuario. Los PDP_UAs obtienen esta información de los servicios locales del dispositivo, de su caché de servicios o a través de Agentes PDP de Servicio remotos.
- Agente de Servicio PDP (PDP-SA): Proceso encargado de anunciar los servicios conocidos por el dispositivo. Consideramos servicios conocidos tanto los servicios locales como los que se almacenan en la caché de servicios.
- Caché de servicios: Cada dispositivo tiene asociada una caché en la que almacena todos los servicios remotos conocidos. A lo largo del documento utilizaremos el termino caché para designar a este elemento.

Si el dispositivo tiene varias interfaces de red, tendrá una caché asociada a cada interfaz de forma independiente, de manera que en una caché sólo se almacenan servicios que han sido anunciados en el interfaz de red asociado.

- Tiempo de disponibilidad: Cada dispositivo tiene asociado un tiempo de disponibilidad dependiendo de sus características de movilidad. Consideramos que es una estimación del tiempo que ese dispositivo permanecerá fijo en un determinado lugar. Un dispositivo anunciará los servicios que conoce con un tiempo de vida menor o igual a su tiempo de disponibilidad.
- Tiempo de expiración: Tiempo asociado a la entrada de un servicio en la caché. Será “t” segundos después de ser almacenado, siendo “t” el valor mínimo entre el tiempo de disponibilidad con el que se anuncia un servicio, y el tiempo de disponibilidad del dispositivo en el que se almacena su descripción. Una vez finalizado este tiempo, la entrada del servicio correspondiente debe eliminarse de la caché.
- Tipo de servicios: Cada tipo de servicio está definido por un único String.
- SLP: Service Location Protocol (RFC 2608).
- URL: Universal Resource Locator. Se emplearán para describir servicios, siguiendo el formato empleado en SLP: `Service URL`.

Descripciones de servicios

En esta versión de PDP se emplea el mismo formato de descripción de servicios que utiliza SLP, denominado `Service URL`, cuya sintáctica y semántica se definen

en la RFC 2609. Los mensajes PDPSrvRply y PDPDeReg incluyen estas **Service URL** encapsulada dentro de lo que se denomina **Service Entry**.

En esta sección describimos brevemente el formato de **Service URL** proporcionando algún ejemplo ilustrativo y el de las **Services Entries** que emplea PDP.

Service URL

Una **Service URL** es de la siguiente forma:

```
‘‘service:’’<service-type>‘‘://’’<addrspec>
```

El tipo de servicio está contenido en `<service-type>` entre los Strings `service:` y `://`. Los tipos de servicios se definen según **Service Templates** (RFC 2609) que proporcionan el comportamiento, los atributos y sus posibles valores, de un servicio.

En la RFC 2609 se distinguen tipos abstractos que tienen la forma siguiente:

```
service:<abstract-type>:<concrete-type>
```

En los PDPSrvRqst las búsquedas de servicios se realizan indicando en `<service-type>` que puede ser un tipo concreto o un tipo abstracto. Así por ejemplo si buscamos el tipo de servicio abstracto `service:printer`, tanto el servicio:

```
service:printer:lpr://deviceaddress
```

como

```
service:printer:http://deviceaddress
```

serían servicios válidos como respuesta, mientras que si el servicio que buscamos debe ser además del tipo concreto `lpr`, `service:printer:lpr`, sólo el primero de ellos será válido.

El campo `<addrspec>` es el nombre del dispositivo (host) o en su defecto su dirección IP, seguido de forma opcional por `“:”` y el número de puerto. En este campo también pueden incluirse atributos del servicio en formato `attribute-id = value` separados por `“;”` siempre que éstos sean imprescindibles para acceder al servicio.

Service Entries

PDP almacena las descripciones de servicios en elementos del protocolo denominadas **Service Entries**, Figura 1, que incluyen:

- **Flags:** `NO_CACHING` (0x8000) para indicar que el servicio no debe ser almacenado en caché, por defecto estará desactivado. El resto de bits reservados deben estar a 0.
- **Lifetime:** tiempo de vida asociado al servicio. La longitud de este campo es de 2 bytes y por lo tanto, su valor máximo es aproximadamente 18 horas¹.
- **Service Description Length:** longitud del campo **Service Description**. Tiene un tamaño de 2 bytes.
- **Service Description:** descripción del servicio. La descripción del servicio es una URL siguiendo el formato descrito en el apartado anterior. Este campo tiene un tamaño variable.

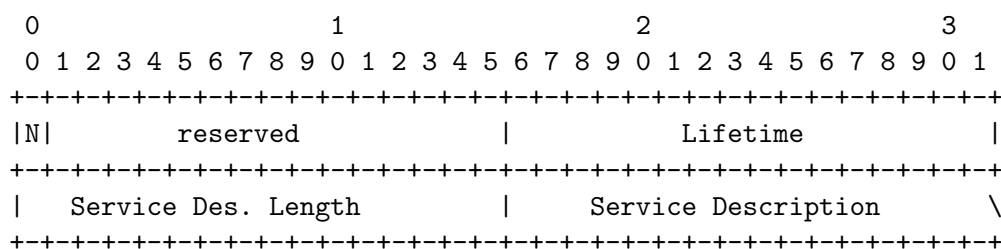


Figura 1: Formato de Service Entries en PDP.

Almacenamiento de servicios en cachés

Los agentes PDP tienen asociadas una caché con servicios remotos conocidos. Esta caché es actualizada por los PDP-UA a través de `PDPSrvRply` escuchadas en la red, y que corresponden con respuestas a `PDPSrvRqst` que se han realizado anteriormente en el entorno, tanto por el propio dispositivo, como por otros que le rodean.

¹Esto implica que el tiempo máximo que puede almacenarse un servicio remoto en la caché es 18 horas. Un dispositivo con un tiempo de disponibilidad mayor de 18 horas, anunciará sus servicios locales con un tiempo de vida igual a `0xFFFF`

Cada entrada en la caché está formado por los siguientes campos:

- Descripción del servicio: se corresponde con una **Service URL**, en la que se incluye información sobre el tipo de servicio y la localización del mismo.
- Tiempo de expiración: tiempo en el que la entrada en la caché debe borrarse. Este valor se calcula sumando al tiempo actual, el tiempo de vida asociado a esta entrada en la caché, que es el mínimo entre el **Lifetime** con el que se anuncia el servicio y el tiempo de disponibilidad del dispositivo en cuya caché se está almacenando la descripción.

Por ejemplo, un PDP_SA envía un PDPSrvRply con los siguientes datos de un servicio `net-transducer:thermometer`:

```
Service Description = service:net-transducer:
                    thermometer://v33.test/ports=3211
```

```
Lifetime = 10 horas
```

El PDP_UA de una PDA que tiene un tiempo de disponibilidad de 5 horas, al escuchar este mensaje, almacenará la siguiente entrada en su caché:

```
| Descripción servicio                | Tiempo de expiración                |
-----|-----|-----|
| service:net-transducer:            | <tiempo sistema> + 5 horas |
| thermometer://v33.test/ports=3211 |                               |
-----|-----|-----|
```

En cambio el PDP_UA de un aire acondicionado que tiene un tiempo de disponibilidad de 5 años, al escuchar este mensaje, almacenará la siguiente entrada en su caché:

```
| Descripción del servicio            | Tiempo de expiración                |
-----|-----|-----|
| service:net-transducer:            | <tiempo sistema> + 10 horas |
| thermometer://v33.test/ports=3211 |                               |
-----|-----|-----|
```

Descripción del protocolo

Pervasive Discovery Protocol es un protocolo de descubrimiento con arquitectura distribuida, que combina los métodos “push” y “pull”, y en el que los clientes tienen una caché local para almacenar anuncios de servicios remotos.

La implementación de PDP consta de un PDP-UA o un PDP-SA o ambos. Será habitual que los dispositivos ofrezcan servicios y a su vez los demanden, de tal forma que la mayoría de ellos poseerán tanto un PDP-UA como un PDP-SA, Figura 2.

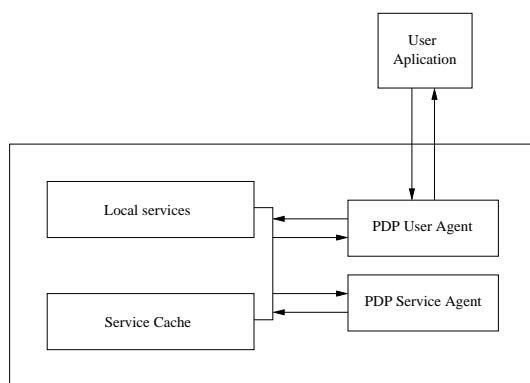


Figura 2: Dispositivo PDP con PDP-UA y PDP-SA.

En dispositivos limitados y de función específica, como son los sensores y actuadores, lo habitual será que sólo posean un PDP-SA, que les permitirá anunciar sus servicios en el entorno que les rodea, Figura 3.

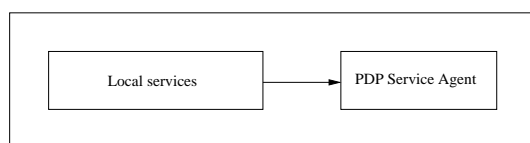


Figura 3: Dispositivo PDP con PDP-SA.

Del mismo modo, podemos pensar que determinados dispositivos, como dispositivos personales del usuario, pueden poseer sólo un PDP-UA, ya que no tienen o no quieren ofrecer servicios, Figura 4.

Los PDP-UA envían mensajes `PDPSrvRqst` solicitando un tipo de servicio, y los PDP-SA que conocen servicios de este tipo responden enviando un mensaje `PDPSrvRply` de respuesta. Ambos mensajes se transmiten por multicast/broadcast, Figura 5. En PDP los mensajes de respuesta `PDPSrvRply` se

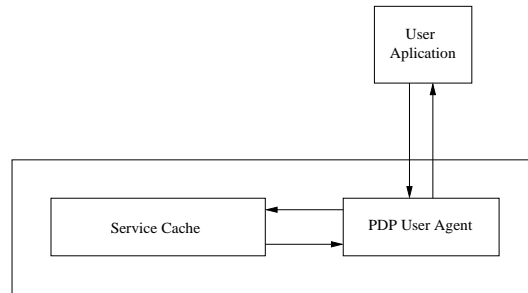


Figura 4: Dispositivo PDP con PDP-UA.

transmiten por difusión con dos objetivos: que se actualice la caché de servicios remotos en todos los dispositivos que escuchen el mensaje y que se minimice el número de mensajes de respuesta a una búsqueda, ya que un PDP_SA sólo responde a una búsqueda, si conoce algún servicio que no se ha incluido en respuestas anteriores, realizadas por otros PDP_SA.

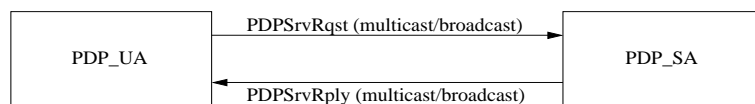


Figura 5: Interacción entre PDP_UAs y PDP_SAs.

Búsquedas de un servicio concreto

En PDP existen dos tipos de búsquedas para localizar un servicio de un tipo determinado en la red. Dependiendo de qué tipo de búsqueda se realiza, el comportamiento de los PDP-UA y PDP_SA se modifica, con el objetivo de minimizar el ancho de banda consumido.

Una petición - una respuesta

En este tipo de búsqueda, a la petición de un tipo de servicio se responde, si existe, con un sólo servicio del tipo solicitado.

El PDP-UA busca primero el servicio entre los servicios locales, después entre los servicios almacenados en la caché y por último, si no lo ha encontrado, transmite un PDPSrvRqst por multicast/broadcast. Un PDP_SA que escuche este mensaje y ofrezca el servicio genera el correspondiente PDPSrvRply, escucha la red y si nadie ha respondido previamente a esta búsqueda, lo transmite por

multicast/broadcast. Los demás PDP_SA, que iban a responder, descartan sus PDPSrvRply en cuanto escuchen esta respuesta.

Hemos introducido este tipo de búsquedas para aquellos tipos de servicio en los que el servicio obtenido es independiente del servidor que lo ofrece. Un ejemplo es obtener la temperatura.

Una petición - varias respuestas

A la petición de un tipo de servicio se responde, si existen, con todos los servicios de ese tipo encontrados en la red.

El coste de este tipo de búsquedas, en cuanto a consumo de ancho de banda, es mayor que el anterior. Para minimizarlo en PDP se introducen técnicas de supresión de respuestas duplicadas. El PDP-UA, al que se le solicita la búsqueda, construye una lista con los servicios del tipo solicitado conocidos, es decir, aquellos que existen en local o están almacenados en su caché, e incluye esta lista en un mensaje PDPSrvRqst que transmite por multicast/broadcast. Un PDP_SA que escuche este mensaje construirá una lista con los servicios de este tipo que tiene tanto de forma local como en la caché, y que no están en la lista incluida en el PDPSrvRqst, si nadie ha respondido previamente a esta búsqueda, lo transmite por multicast/broadcast. Los demás PDP_SA que conocen también nuevos servicios descartan sus PDPSrvRply si las respuestas que han dado previamente otros PDP_SA, ya incluyen los servicios que iba a anunciar él en su mensaje de respuesta.

Hemos introducido este tipo de búsqueda para aquellos tipos de servicio en los que el servicio obtenido puede ser distinto dependiendo del servidor que lo ofrece. Un ejemplo es un servicio de impresión: al usuario le gusta seleccionar, dependiendo del tipo de trabajo que va a imprimir, que tipo de impresora utilizar: a color o en blanco y negro, a doble cara o una sola cara, etc. Por ello es importante proporcionarle varias impresoras para que seleccione la apropiada.

Búsquedas de todos los servicios

En PDP se ha introducido un tipo especial de servicio denominado **service:all**, para facilitar que aplicaciones tipo “buscador” puedan solicitar a su PDP-UA una búsqueda de todos los servicios, de cualquier tipo, disponibles en el entorno.

Un PDP-UA al que se le solicita un búsqueda de **service:all** construye una lista con los servicios conocidos, es decir, aquellos que existen en local o

están almacenados en su caché, e incluye esta lista en un mensaje `PDPSrvRqst` que transmite por multicast/broadcast. Un `PDP_SA` que escuche este mensaje construirá una lista con los servicios que tiene tanto de forma local como en la caché, y que no están en la lista incluida en el `PDPSrvRqst`, si nadie ha respondido previamente a esta búsqueda, lo transmite por multicast/broadcast. Los demás `PDP_SA`, que conocen también nuevos servicios, descartan sus `PDPSrvRply` si las respuestas que han dado previamente otros `PDP_SAs` ya incluyen los servicios que iba a anunciar él en su mensaje de respuesta.

PDP User Agent

El `PDP-UA` es el responsable de localizar servicios disponibles en la red y mantener actualizada la caché de servicios remotos asociada a un dispositivo. Debe generar mensajes `PDPSrvRqst` si procede, y procesar los `PDPSrvRply` que se transmiten en la red. Opcionalmente, puede procesar `PDPDeReg` para eliminar servicios almacenados en la caché que dejan de estar disponibles.

En este apartado describimos de forma detallada los procesos que lleva a cabo un `PDP-UA` dentro del protocolo PDP. Se incluye varios diagramas de flujo para facilitar la implementación.

Búsqueda de un servicio concreto

Describimos el comportamiento del `PDP-UA` dependiendo si el tipo de búsqueda es “una petición - una respuesta” o “una petición - varias respuestas”.

■ Una petición - una respuesta

Cuando se le solicita al `PDP-UA` la búsqueda de un servicio concreto, del tipo “una petición - una respuesta” realiza los siguientes pasos, Figura 6:

- Busca si existe un servicio local del tipo solicitado, si es así, proporciona la descripción del servicio a la aplicación.
- Si no es un servicio local, busca si existe un servicio en la caché del tipo solicitado, si es así, proporciona la descripción del servicio almacenada a la aplicación.
- Si no es un servicio conocido, envía un `PDPSrvRqst` por broadcast/multicast y espera durante un tiempo (`CONFIG_WAIT_RPLY`) a que se produzcan los siguientes eventos:

- Recepción de un `PDPSrvRply` correspondiente al `PDPSrvRqst` enviado: responde a la petición de búsqueda con el servicio incluido en este mensaje de respuesta.
- Finalización del tiempo de espera: no se ha obtenido mensaje de respuesta, y por lo tanto responde a la petición de búsqueda indicando que el servicio no está disponible.

■ Una petición - varias respuestas

Cuando se le solicita al PDP-UA la búsqueda de un servicio concreto, del tipo “una petición - varias respuestas” realiza los siguientes pasos, Figura 7:

- Construye una lista con todos los servicios del tipo solicitado conocidos, es decir, tanto los que se proporcionan localmente como los que tiene almacenados en la caché.
- Envía un `PDPSrvRqst` por broadcast/multicast incluyendo la lista de servicios conocidos y espera durante un tiempo (`CONFIG_WAIT_RPLY`) a que se produzcan los siguientes eventos:
 - Recepción de un `PDPSrvRply` correspondiente al `PDPSrvRqst` enviado: actualiza la lista de servicios conocidos con los servicios incluidos en este mensaje de respuesta y sigue esperando a que nuevos eventos se produzcan.
 - Finalización del tiempo de espera:
 - ◇ Si existe algún servicio en la lista de servicios conocidos, responde a la petición de búsqueda con esta lista.
 - ◇ Si no existe ningún servicio en la lista de servicios conocidos, responde a la petición de búsqueda indicando que el servicio no está disponible.

Búsqueda de todos los servicios

Siempre que una aplicación le solicite una búsqueda de servicios de tipo `service:all`, el PDP-UA debe realizar los siguientes pasos, Figura 8:

- Construye una lista con todos los servicios conocidos (de cualquier tipo), es decir, tanto los que se proporcionan localmente como los que tiene almacenados en la caché.

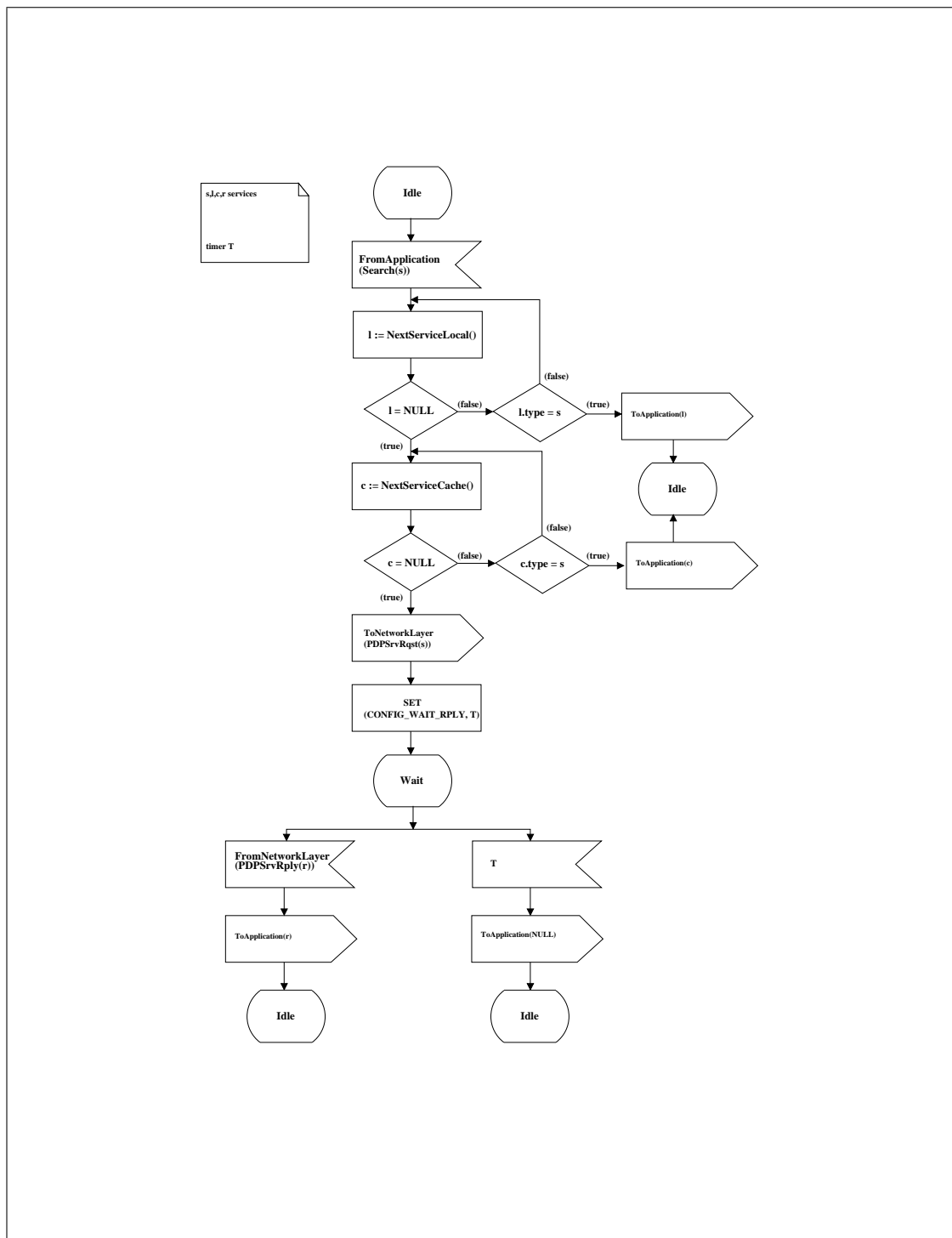


Figura 6: Diagrama Agente de Usuario PDP: proceso de búsqueda una petición - una respuesta.

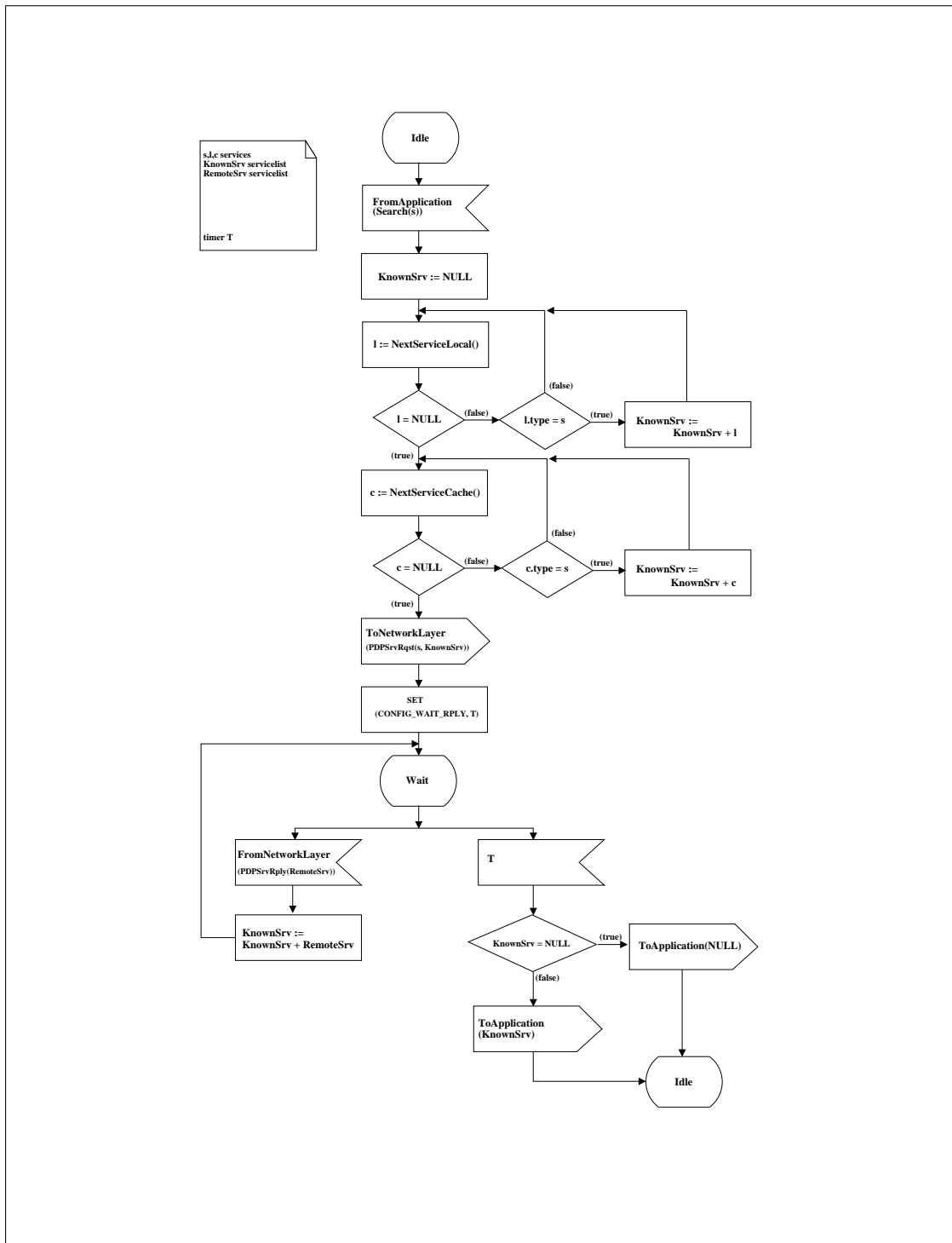


Figura 7: Diagrama Agente de Usuario PDP: proceso de búsqueda una petición - varias respuestas.

- Envía un `PDPSrvRqst (service:all)` por broadcast/multicast incluyendo la lista de servicios conocidos y espera durante un tiempo (`CONFIG_WAIT_RPLY`) a que se produzcan los siguientes eventos:
 - Recepción de un `PDPSrvRply` correspondiente al `PDPSrvRqst` enviado: actualiza la lista de servicios conocidos y sigue esperando a que nuevos eventos se produzcan.
 - Finalización del tiempo de espera:
 - Si existen servicios conocidos en la lista, responde a la petición de búsqueda con esta lista.
 - Si no, responde a la petición de búsqueda indicando que no existen servicios disponibles.

Actualización de caché

El `PDP-UA` además de realizar búsquedas de servicios, debe procesar todas las `PDPSrvRply` que recibe, aunque NO se correspondan a `PDPSrvRqst` transmitidas por él. Con las descripciones de servicios almacenadas en estos mensajes actualiza los contenidos de su caché.

La caché tiene un tamaño limitado, que puede ser configurado en el dispositivo dependiendo de sus restricciones de memoria. El `PDP-UA` debe gestionar que no se sobrepase este tamaño máximo, de forma que cuando se intenta almacenar una nueva descripción de servicio en la caché y está llena, se debe eliminar la entrada con un tiempo de expiración menor para introducir esta nueva entrada. El `PDP-UA` debe también eliminar las entradas de la caché que han expirado.

PDP Service Agent

El `PDP-SA` es el responsable de anunciar los servicios disponibles y conocidos por un dispositivo. Y debe interpretar mensajes `PDPSrvRqst` y generar el correspondiente `PDPSrvRply` si procede. Opcionalmente, puede generar `PDPDeReg` para indicar que sus servicios locales dejan de estar disponibles.

En este apartado describimos de forma detallada los procesos que lleva a cabo un `PDP-SA` dentro del protocolo PDP. Se incluye varios diagramas de flujo para facilitar la implementación.

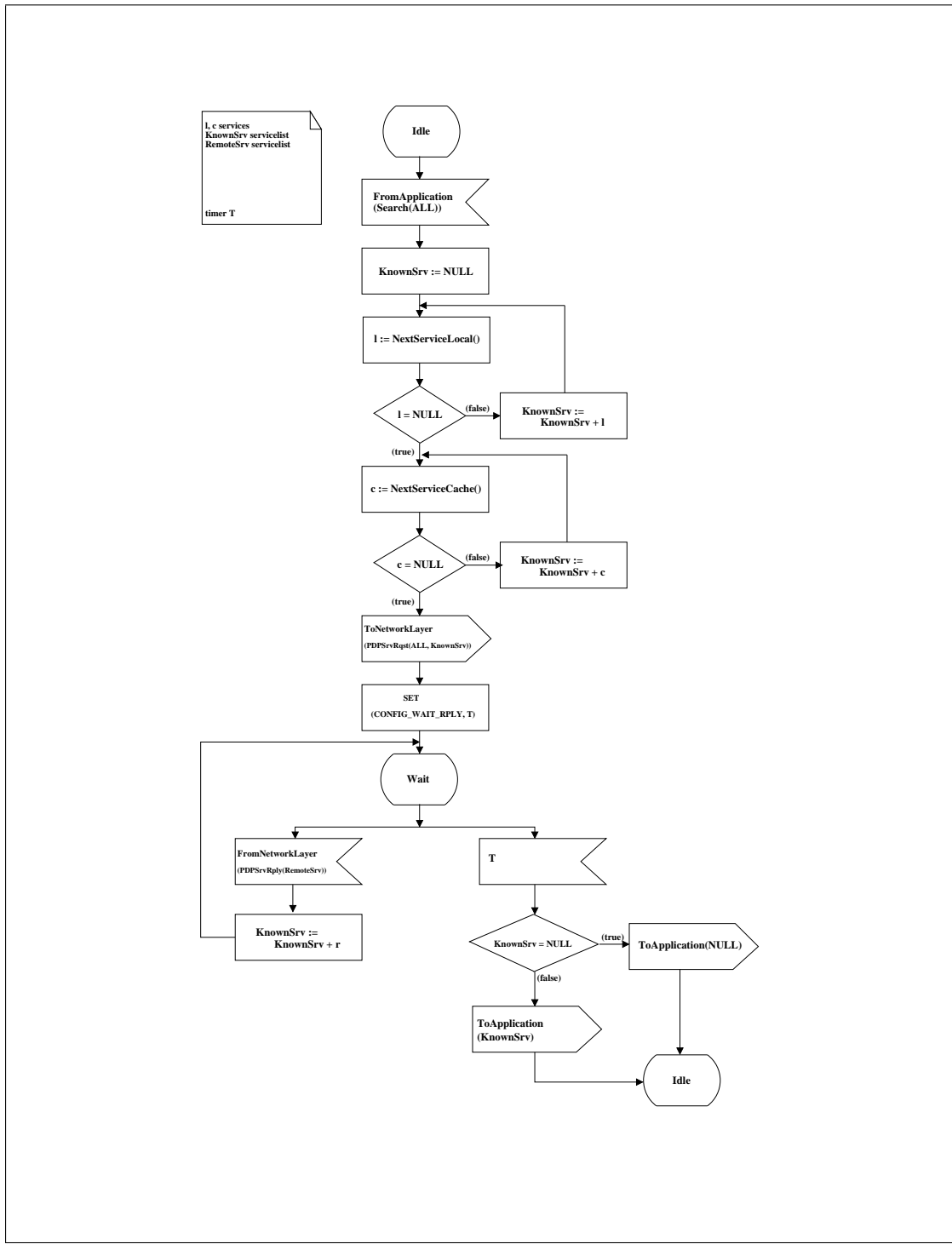


Figura 8: Diagrama Agente de Usuario PDP: proceso de búsqueda de todos los servicios.

Respuesta a una búsqueda de un servicio concreto

Describimos el comportamiento del PDP_SA dependiendo si el tipo de búsqueda que recibe es “una petición - una respuesta” o “una petición - varias respuestas”.

■ Una petición - una respuesta

Cuando un PDP_SA recibe un PDPSrvRqst correspondiente a la búsqueda de un servicio concreto, del tipo “una petición - una respuesta”, realiza los siguientes pasos, Figura 9:

- Comprueba si el servicio solicitado es uno de sus servicios locales:
 - Si es así, genera de forma aleatoria un tiempo T, inversamente proporcional al tiempo disponibilidad del dispositivo; de tal forma que responderá con mayor probabilidad, aquel dispositivo que puede ofrecer el servicio durante un mayor periodo de tiempo.
 - Si no es, no responde a la búsqueda y finaliza.
- Espera durante el tiempo T a que se produzca alguno de los siguientes eventos:
 - Recepción de un PDPSrvRply correspondiente al PDPSrvRqst : descarta su mensaje de respuesta.
 - Finalización del tiempo de espera: envía un PDPSrvRply con el servicio local proporcionado.

■ Una petición - varias respuestas

Cuando un PDP_SA recibe un PDPSrvRqst correspondiente a la búsqueda de un servicio concreto, del tipo “una petición - varias respuestas”, realiza los siguientes pasos, Figura 10:

- Construye una lista de respuesta con todos los servicios del tipo solicitado conocidos, es decir, tanto los que se proporcionan localmente como los que tiene almacenados en la caché. De esta lista de respuesta se eliminan los servicios que se envían como conocidos en el mensaje PDPSrvRqst recibido:
 - Si la lista de respuesta contiene servicios, genera de forma aleatoria un tiempo T, inversamente proporcional al tiempo de disponibilidad del dispositivo y al tamaño, en número de entradas, de la lista de respuesta.

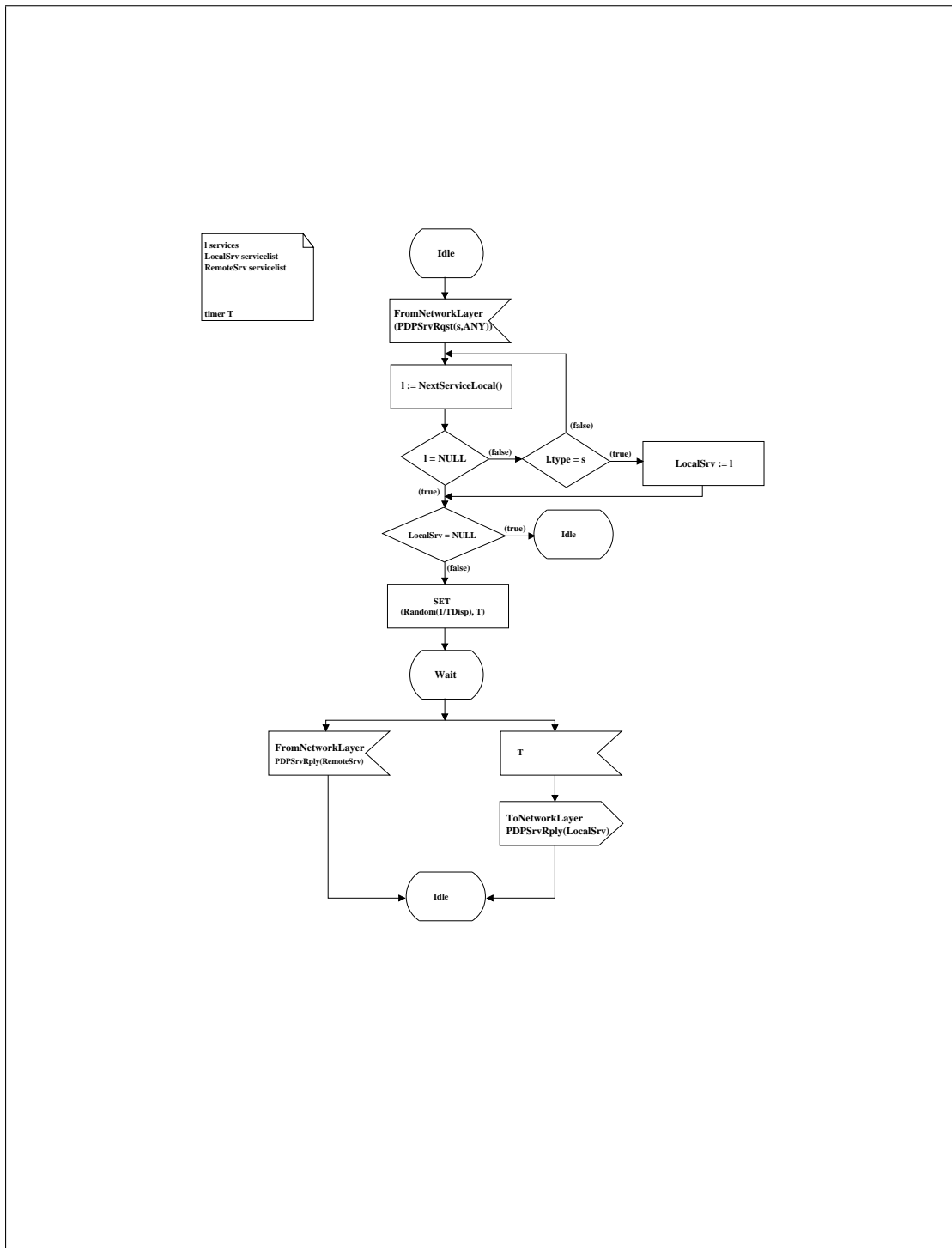


Figura 9: Diagrama Agente de Servicio PDP: respuesta búsqueda una petición - una respuesta.

- Si esta lista está vacía, no responde a la búsqueda y finaliza.
- Espera durante el tiempo T a que se produzca alguno de los siguientes eventos:
 - Recepción de un PDPSrvRply correspondiente al PDPSrvRqst : comprueba si los servicios incluidos en esta respuesta están en su lista de respuesta, si es así los elimina de ella. Si su lista de respuesta se queda vacía descarta su propia PDPSrvRply y finaliza.
 - Finalización del tiempo de espera: envía un PDPSrvRply con la lista de respuesta y finaliza.

Respuesta a una búsqueda de todos los servicios

Cuando un PDP_SA recibe un PDPSrvRqst correspondiente a la búsqueda de un servicio del tipo `service:all`, realiza los siguientes pasos, Figura 11:

- Construye una lista de respuesta con todos los servicios conocidos, es decir, tanto los que se proporcionan localmente como los que tiene almacenados en la caché. De esta lista de respuesta se eliminan los servicios que se envían como conocidos en el mensaje PDPSrvRqst recibido:
 - Si la lista de respuesta contiene servicios, genera de forma aleatoria un tiempo T, inversamente proporcional al tiempo de disponibilidad del dispositivo, y al tamaño, en número de entradas, de la lista de respuesta.
 - Si esta lista está vacía, no responde a la búsqueda y finaliza.
- Espera durante el tiempo T a que se produzca alguno de los siguientes eventos:
 - Recepción de un PDPSrvRply correspondiente al PDPSrvRqst : comprueba si los servicios incluidos en esta respuesta están en su lista de respuesta, si es así los elimina de ella. Si su lista de respuesta se queda vacía descarta su propia PDPSrvRply y finaliza.
 - Finalización del tiempo de espera: envía un PDPSrvRply con su lista de respuesta y finaliza.

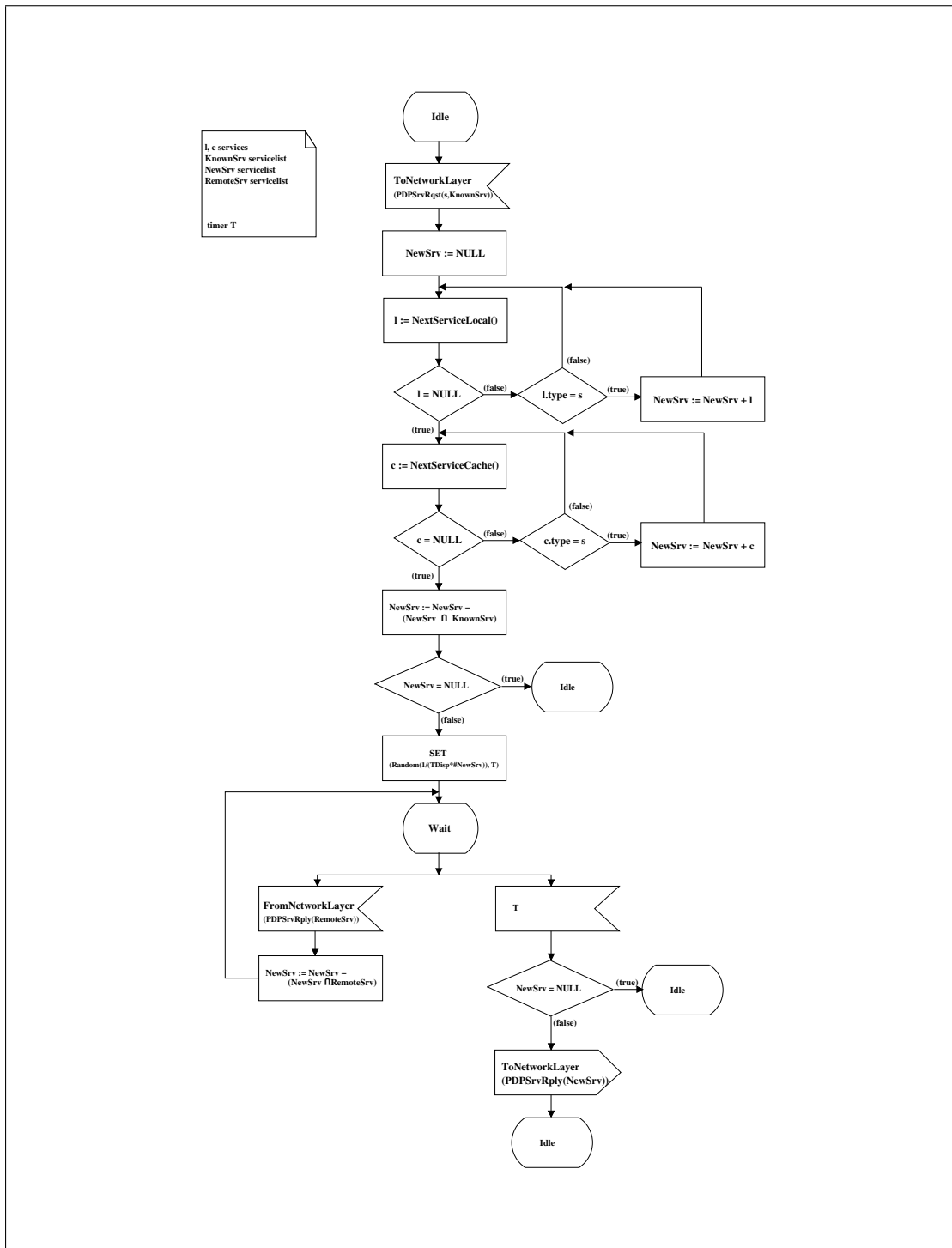


Figura 10: Diagrama Agente de Servicio PDP: respuesta búsqueda una petición - varias respuestas.

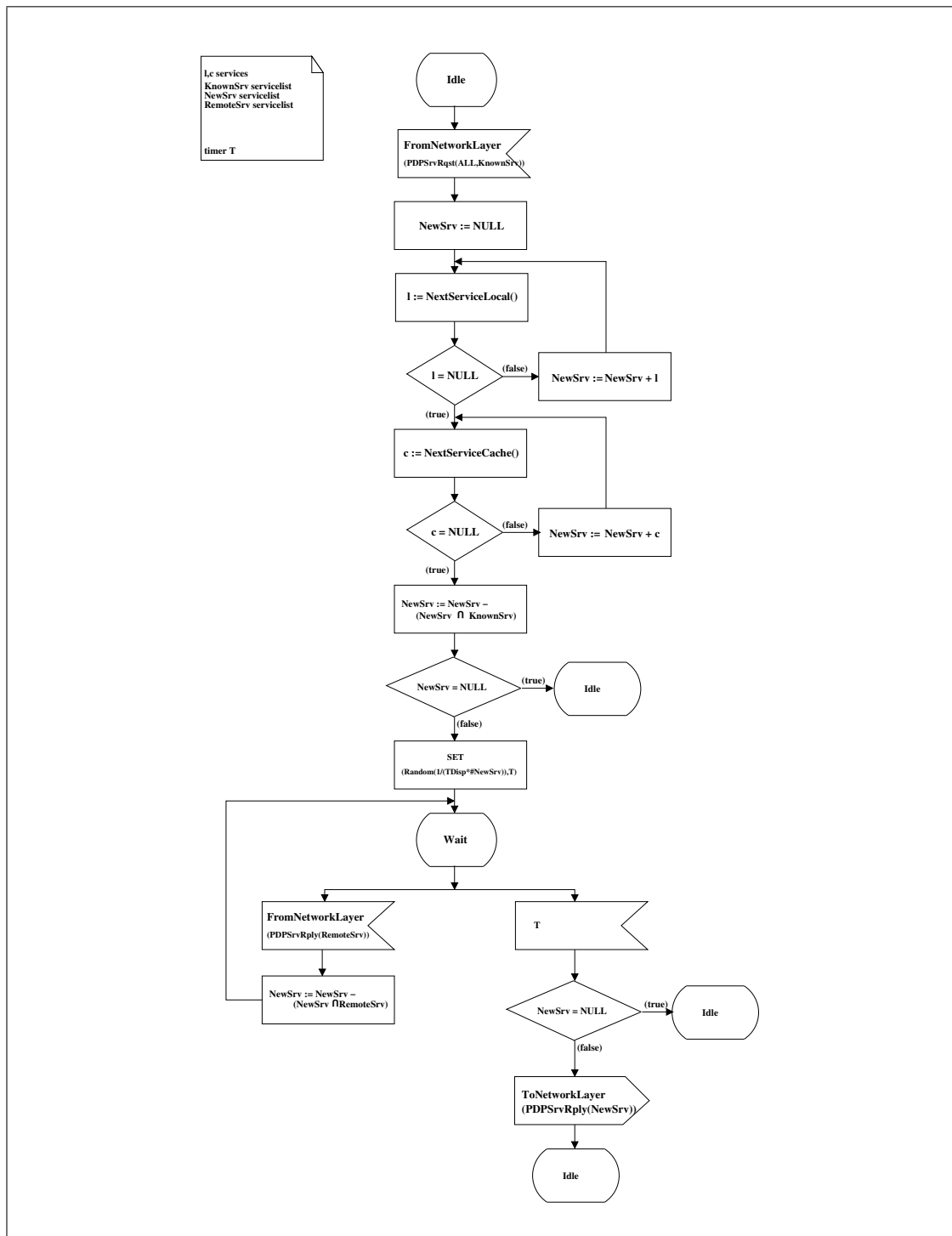


Figura 11: Diagrama Agente de Servicio PDP: respuesta búsqueda todos los servicios.

Anuncio de servicio almacenados en la caché

Cuando un PDP_SA responde a un PDPSrvRqst incluyendo descripciones de servicios almacenadas en la caché, el valor del campo **Lifetime** de la **Service Entry** construida a partir de la descripción de servicio almacenada en la caché, contiene el resultado de restar al tiempo de expiración de esta entrada el tiempo actual.

Consideraciones sobre múltiples interfaces

Si un dispositivo tiene interfaces a distintas redes, y la pila IP no soporta el encaminamiento entre estas redes, los servicios que se descubren por un determinado interfaz no serán accesibles desde la red conectada a los demás interfaces. Por ejemplo, si una PDA tiene dos interfaces, una Bluetooth y otra 802.11b, los servicios que se descubran en la red Bluetooth no son accesibles para otros dispositivos que estén en la 802.11b. El grupo MANET del IETF está estudiando el encaminamiento entre redes ad-hoc móviles, pero éste es un problema todavía no resuelto.

Por lo tanto, si un dispositivo tiene interfaz a dos o más redes, debe separar las cachés en la que almacena los servicios descubiertos en cada una de ellas, y responder a los PDPSrvRqst sólo con sus servicios locales y los que existan en la caché asociada a ese interfaz.

Uso de puertos, UDP y multicast

Los PDP_UAs deben transmitir peticiones por multicast y recibir respuestas por multicast. Los PDP_SAs deben aceptar peticiones multicast y transmitir respuestas por multicast.

Todos los mensajes PDP se transmiten usando el protocolo de transporte UDP. Si un mensaje de respuesta PDP excede el tamaño máximo de un datagrama UDP, se debe fragmentar en tantos mensajes PDP como sea necesario y enviarlo en los correspondientes datagramas.

Todos los mensajes de petición PDP deben llevar de puerto destino, el puerto reservado para PDP, el puerto que se está utilizando actualmente es el 3000 (sin asignar por el IANA). Todos los mensajes PDP deben enviarse a la dirección multicast 239.255.255.253. El TTL por defecto es 255.

En redes aisladas se puede utilizar broadcast en lugar de multicast.

Errores

En PDP todos los mensajes se envían por multicast/broadcast, tanto si son peticiones de servicios como si son respuestas a estas peticiones, y además todos los PDP-UA deben analizar todos los PDPSrvRqst para actualizar la caché de servicios.

Éste es el motivo por el que tanto los PDP-SA como los PDP-UA deben descartar mensajes erróneos, sin enviar ningún mensaje en el que se indique el error producido. Del mismo modo, un PDP-SA siempre debe incluir algún servicio en un PDPSrvRply, si no es así no debe enviar la respuesta.

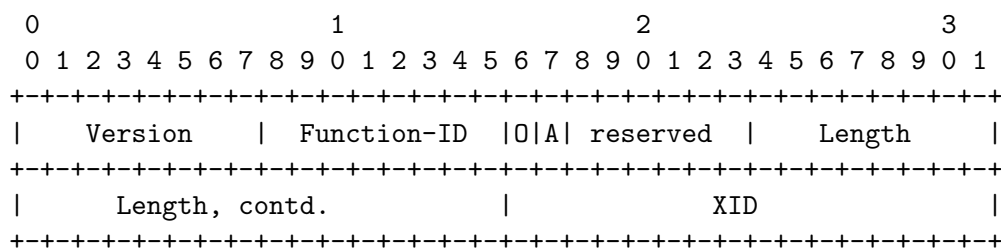
La idea de PDP es que los dispositivos aprendan de lo que se produce a su alrededor y que este aprendizaje les sirva para minimizar el número de transmisiones que deben realizar para localizar un nuevo servicio. El hecho de que no exista un servicio en un momento determinado, que el mensaje tenga un formato erróneo o que no se haya incluido un campo obligatorio, no es una información que interese al resto de dispositivos de la red y por lo tanto, no debe transmitirse.

Mensajes PDP obligatorios

En esta sección describimos de forma detallada el formato de mensajes de PDP. Las implementaciones de PDP-UA y PDP-SA deben soportar obligatoriamente los mensajes PDPSrvRqst y PDPSrvRply.

Todos los mensajes PDP tienen una cabecera común con los siguientes campos, Figura 12:

- **Version:** número de versión del protocolo. En la actualidad 1.0. Tamaño del campo un 1 byte.
- **Function ID:** identificador de tipo de mensaje. Tamaño del campo 1 byte.
- **Flags:** Tamaño del campo 1 byte. Los bits que no están reservados deben estar puestos a 0. Existen dos bits reservados en PDP:
 - **OVERFLOW (0x80)** se activa cuando la longitud del mensaje es mayor que lo que puede contener un datagrama.



Tipo de Mensaje	Abreviatura	Function-ID
PDP Service Request	PDPSrvRqst	1
PDP Service Reply	PDPSrvRply	2
PDP Service Deregister	PDPDeReg	3

Figura 12: Cabecera de mensajes PDP.

- ANY (0x60) se activa cuando el tipo de búsqueda es “una petición - una respuesta”. En los mensajes PDPSrvRply este bit debe estar a 0 así como en los mensajes PDPSrvRqst en el que el tipo de servicio buscado es `service:all`.
- **Length:** longitud en bytes del mensaje PDP completo, incluida la cabecera. Tamaño del campo 3 bytes.
- **XID:** tiene un valor único para cada petición enviada. Los mensajes de respuesta incluyen el mismo `xid` que la petición correspondiente. El mensaje PDPDeReg se envía con un XID de 0. Tamaño del campo 2 bytes.

PDP Service Request

El PDP-UA envía un mensaje PDP Service Request para realizar búsquedas de servicios en la red.

Los campos contenidos en este mensaje son los siguientes, Figura 13:

- **Known Service Entry count:** número de **Known Service Entries** contenidas en el mensaje. Tamaño del campo 2 bytes.
- **Known Service Entry 1..N:** descripción de servicios conocidos, según el formato descrito en la Figura 1. Tamaño del campo variable.

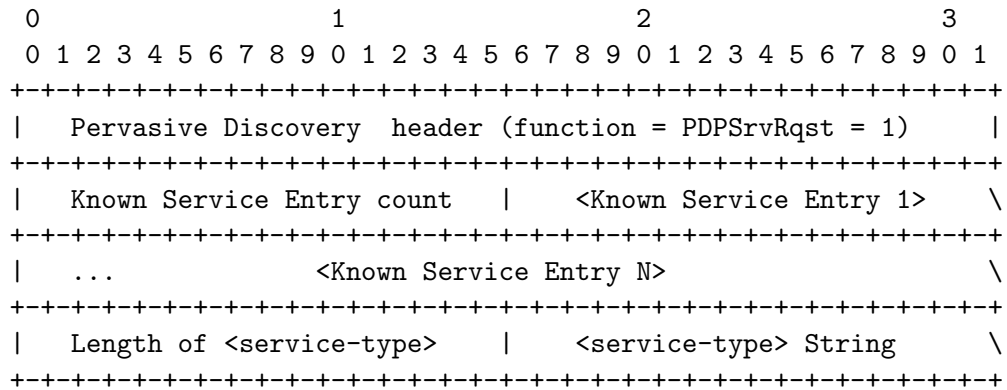


Figura 13: Formato de PDPSrvRqst.

- **Length of <service-type>**: longitud en bytes del campo <service-type>. Tamaño de 2 bytes.
- **<service-type>**: es un string que indica el tipo de servicios que se está solicitando. Tamaño del campo variable.

PDP Service Reply

El PDP_SA envía un mensaje PDP Service Reply como respuesta a un mensaje PDP Service Request escuchado en la red.

La respuesta a la búsqueda de un servicio debe contener al menos una **Service Entry** describiendo un servicio que corresponde con el tipo de servicio solicitado. En el caso de que no exista un servicio que verifique las restricciones de búsqueda no se generará ninguna respuesta.

En un PDPSrvRqst se proporcionarán todos los servicios que coincidan con el tipo de servicio solicitado. En el caso en el que el tipo de servicio sea **service:all**, se responderá incluyendo todos los servicios conocidos, tanto locales como remotos. Cuando el tamaño del mensaje generado sobrepasa el tamaño máximo de un paquete UDP, se activa el flag **OVERFLOW** de la cabecera y sólo se incluyen en el mensaje descripciones completas de servicios.

Cuando un PDP-UA procesa este tipo de mensajes debe almacenar las descripciones de los servicios incluidos en el mensaje en la caché de servicios, el Tiempo de expiración asociado a la entrada en la caché se calculará sumando al tiempo actual el mínimo entre el **Lifetime** en el campo **Service Entry** y el Tiempo de disponibilidad del dispositivo local, ver sección .

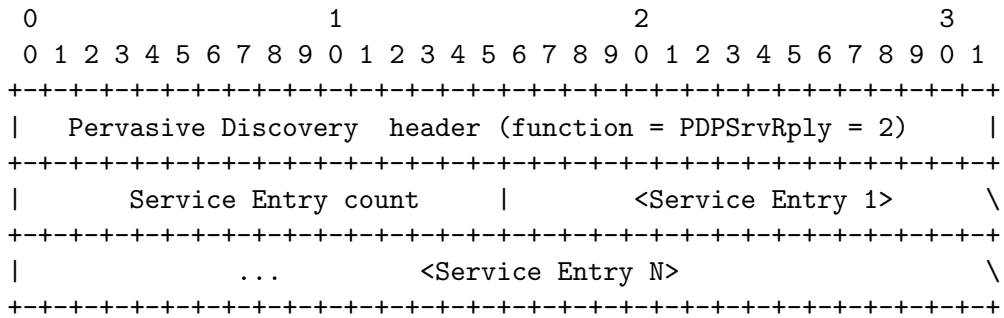


Figura 14: Formato de PDPSrvRply.

A continuación describimos los campos contenidos en el mensaje, Figura 14:

- **Service Entry count:** número de Service Entries contenidas en el mensaje. Tamaño del campo 2 bytes.
- **Service Entry 1..N:** descripción de un servicio, según el formato descrito en la Figura 1. Tamaño del campo variable.

Características opcionales

Hemos incluido una característica opcional que pueden implementar los PDP_SA, aunque no es obligatorio y por lo tanto, los PDP_UA no tiene porque saber interpretarla, en cuyo caso deben descartar este tipo de mensajes.

Consiste en la posibilidad de enviar un mensaje PDP Service Deregister en el que se incluyen descripciones de servicios que se ofrecen de forma local, para que los PDP_UA que los tengan almacenados en su caché los borren. Este tipo de mensaje es enviado por un dispositivo que detecta que va a abandonar la red en la que se encuentra, o se va a apagar. Este mensaje es opcional porque no en todos los dispositivos y en todas las tecnologías de red es viable detectar este tipo de cambios. Este mensaje se transmite también por multicast/broadcast.

Mensajes PDP opcionales

PDP Service Deregister

Cuando un dispositivo detecta que va a abandonar la red en la que se encuentra, o va a dejar de estar disponible, su PDP_SA puede enviar un PDPDeReg indicando los servicios locales que posee, y que dejarán de estar disponibles. Al recibir este mensaje los PDP_UA deben eliminar de su caché los servicios almacenados que se correspondan con los servicios indicados en las **Service Entries**, independientemente del tiempo de expiración que posean.

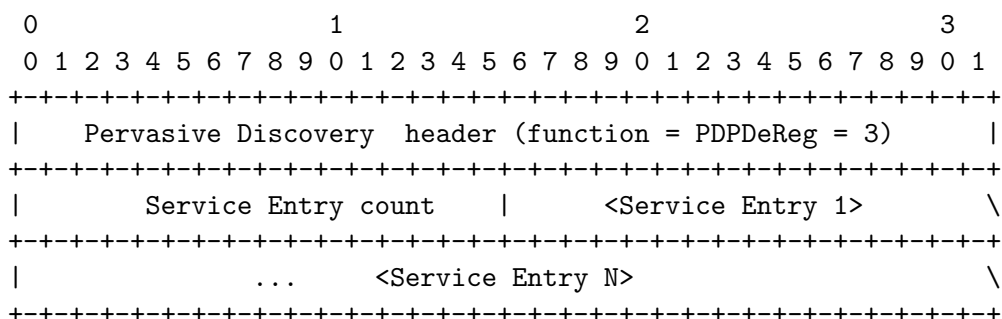


Figura 15: Formato de PDPDeReg.

Cuando el tamaño del mensaje generado sobrepasa el tamaño máximo de un paquete UDP, se activa el flag **OVERFLOW** de la cabecera y sólo se incluyen en él descripciones completas de servicios.

A continuación describimos los campos contenidos en el mensaje, Figura 15:

- **Service Entry count**: número de Service Entries contenidas en el mensaje. Tamaño del campo 2 bytes.
- **Service Entry 1...N**: descripción de un servicio, según el formato descrito en la Figura 1. Tamaño del campo variable.

Temporizadores del protocolo

PDP emplea varios temporizadores tanto en los PDP_UAs como en los PDP_SAs.

Temporizadores en PDP-UA

Un PDP-UA emplea un temporizador para limitar el tiempo que máximo durante el que espera mensajes de respuesta después de la transmisión de un PDPSrvRqst. Este temporizador tiene un valor que hemos denominado:

- CONFIG_WAIT_REPLY: cuyo valor por defecto es de 15 segundos.

Temporizadores en PDP-SA

Un PDP-SA antes de enviar una PDPSrvRply espera durante un tiempo generado de forma aleatoria. Este tiempo debe ser inversamente proporcional al tiempo de disponibilidad del dispositivo y al número de servicios que vaya a incluir en la respuesta. De este forma, se priorizan a aquellos dispositivos que tienen un visión más acertada del entorno que les rodea.

El método propuesto por defecto para obtener este valor, es generar un número aleatorio según una distribución uniforme entre

$$(0, \text{CONFIG_WAIT_TRANSMIT} * \frac{\text{DEFAULT_AVAILABILITY_TIME}}{\text{DEFAULT_AVAILABILITY_TIME} + T_D * \text{Service_Entries_Number}})$$

Siendo,

- CONFIG_WAIT_TRANSMIT: intervalo máximo de tiempo que puede esperar un dispositivo antes de enviar su respuesta a un PDPSrvRqst. Este valor debe ser menor que CONFIG_WAIT_REPLY. Su valor por defecto es de 3 segundos.
- DEFAULT_AVAILABILITY_TIME: el tiempo mínimo a partir del que un dispositivo se considera fijo. Su valor por defecto son 3600 segundos.
- T_D : el tiempo de disponibilidad asociado al dispositivo.
- Service_Entries_Number: el número de Service Entries que se van a incluir en la respuesta.

Se podrían emplear otros métodos y estudiar si se mejoran así las prestaciones del protocolo, pero recordando siempre que una modificación sobre este método nos llevaría a una nueva versión del protocolo.