Seminario 3 – 0MQ

Tecnologías de los Sistemas de Información en la Red

Índice

1. Introducción: Objetivos de 0MQ

- Middleware de comunicaciones simple
  - Configuración sencilla: URL para nombrar "endpoints"
  - Uso cómodo y familiar: API similar a los sockets BSD
- Ampliamente disponible
  - Implementación migrable
- Soporta patrones básicos de interacción
  - Elimina la necesidad de que cada desarrollador "reinvente la rueda"
  - Fácil de usar (de manera inmediata)
- Rendimiento
  - Sin sobrecargas innecesarias
  - Compromiso entre fiabilidad y eficiencia
- El mismo código puede utilizarse para comunicar
  - Hilos en un proceso
  - Procesos en una máquina
  - Ordenadores en una red IP
  - Sólo se necesitan cambios en las URL.

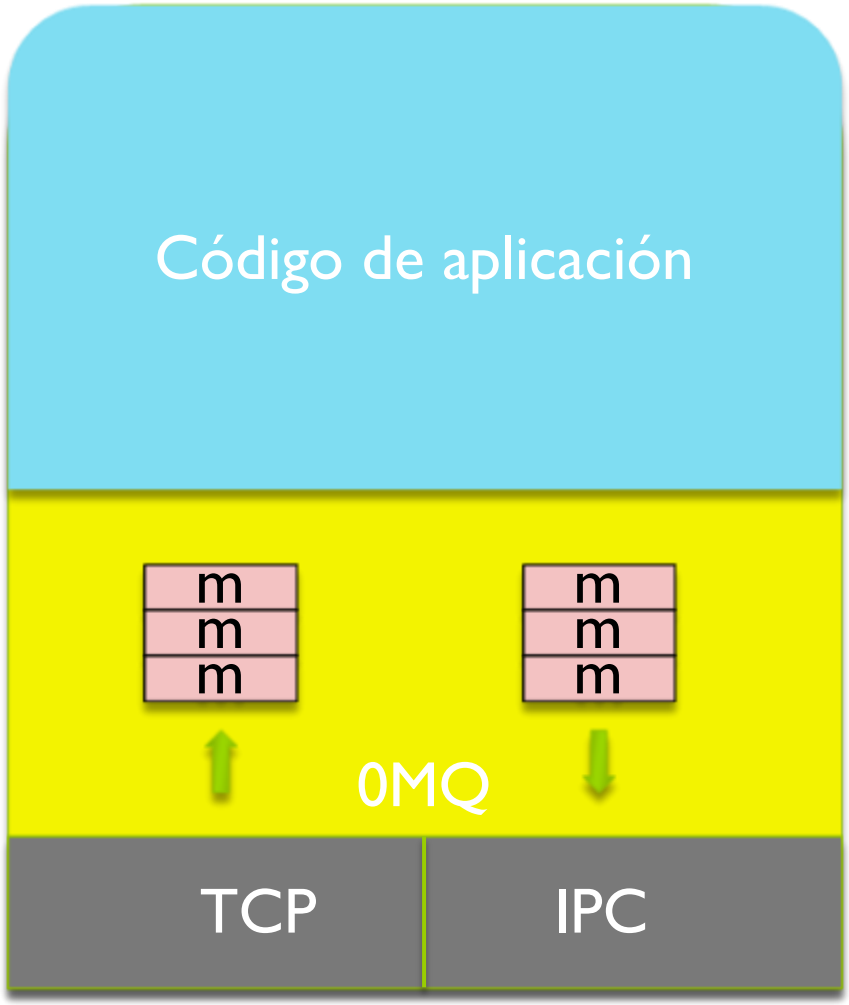
1. Introducción: Características principales

- Comunicación basada en mensajes
  - Persistencia débil: colas en memoria principal
- Es sólo una biblioteca
  - No se necesita arrancar ningún servidor específico (broker)
  - Implantada en C++
  - Disponible en la mayoría de los sistemas operativos
    - Linux_XYZ
    - Windows
    - BSD
    - MacOS X
  - *Bindings* disponibles para muchos lenguajes y entornos de programación

1. Introducción: Tecnología

- Proporciona sockets para enviar y recibir mensajes
  - send/receive, bind/connect interfaz para los sockets
- Puede utilizar estos transportes:
  - Entre procesos
    - TCP/IP
    - Multicast fiable (pgm)
    - IPC (Sockets Unix)
  - Intra-proceso
    - Colas (en memoria)
    - Útiles para hilos concurrentes
- Transporte utilizado para instanciar un socket
  - Fácilmente modificable mediante un cambio en la configuración

1. Introducción: Vista de un proceso 0MQ



- La aplicación enlaza con la biblioteca 0MQ
- 0MQ mantiene colas en memoria
  - En el emisor
  - En el receptor
- 0MQ usa niveles de comunicación

1. Introducción: Instalación

- **Desde los fuentes, en Linux**
  - **sudo apt-get install build-essential libtool autoconf automake uuid-dev**
  - **wget http://download.zeromq.org/zeromq-3.2.3.tar.gz**
  - **tar xvzf zeromq-3.2.3.tar.gz**
  - **./configure**
  - **make**
  - **sudo make install**
  - **sudo ldconfig**

- **Hay también instaladores de los paquetes binarios**

- **En node**
  - **npm install zmq**

```
var zmq = require('zmq');
```

Índice

2. Mensajes: Middleware orientado a mensajes

- Los mensajes es lo que se envía
  - No hay problemas de empaquetado ("framing") para la aplicación
  - La gestión de "buffers" también está resuelta
- Los mensajes pueden ser "multi-parte" (multi-segmento)
  - El soporte para estructurar los mensajes resulta sencillo
- Los mensajes se entregan atómicamente
  - Se entregan todas las partes o nada se entrega
- Tanto el envío como la recepción son asincrónicos
  - Internamente, 0MQ gestiona el flujo de mensajes entre las colas (de los procesos) y los transportes
- La gestión de la conexión y reconexión entre agentes es automática

2. Mensajes

- El contenido de los mensajes resulta transparente para 0MQ
- No se necesita soporte para "marshalling"
  - No hay que preocuparse por la codificación
  - Los mensajes son "blobs" para 0MQ
  - Pero el API de 0MQ soporta una serialización sencilla de cadenas en los mensajes

```
zsock.send("Esto es", "un", "mensaje");
```

7	Esto es
2	un
7	mensaje

- NOTA
  - Algunos tipos de socket utilizan el primer segmento

2. Mensajes: Consecuencias

- El programador debe decidir cómo estructurar el contenido del mensaje
- En muchos casos, puede ser tan sencillo como una cadena
- Se puede utilizar CUALQUIER codificación
  - Binaria, por ejemplo
- Aproximación sencilla: mensajes XML
  - Se utilizarán parsers XML
- Aproximación algo más sencilla: mensajes JSON
- La aproximación más sencilla
  - Utilizar cada segmento para una pieza de información distinta, con su propia codificación. Ejemplo:
    - Segmento 1: nombre de la interfaz invocada, en formato cadena
    - Segmento 2: versión de la API de la interfaz, como una cadena
    - Segmento 3: nombre de la operación
    - Segmento 4: primer argumento (un entero)
    - Segmento …

Índice

3. API 0MQ

1. Sockets
   - Envío y recepción utilizan sockets
   - Varios tipos de sockets
   - Operaciones bind/connect
2. Patrones de comunicación
   - Soportados por tipos específicos de socket

3.1. Sockets 0MQ

- La creación de un socket es sencilla:

```
var zmq = require('zmq');

var zsock = zmq.socket(<TIPO SOCKET>);
```

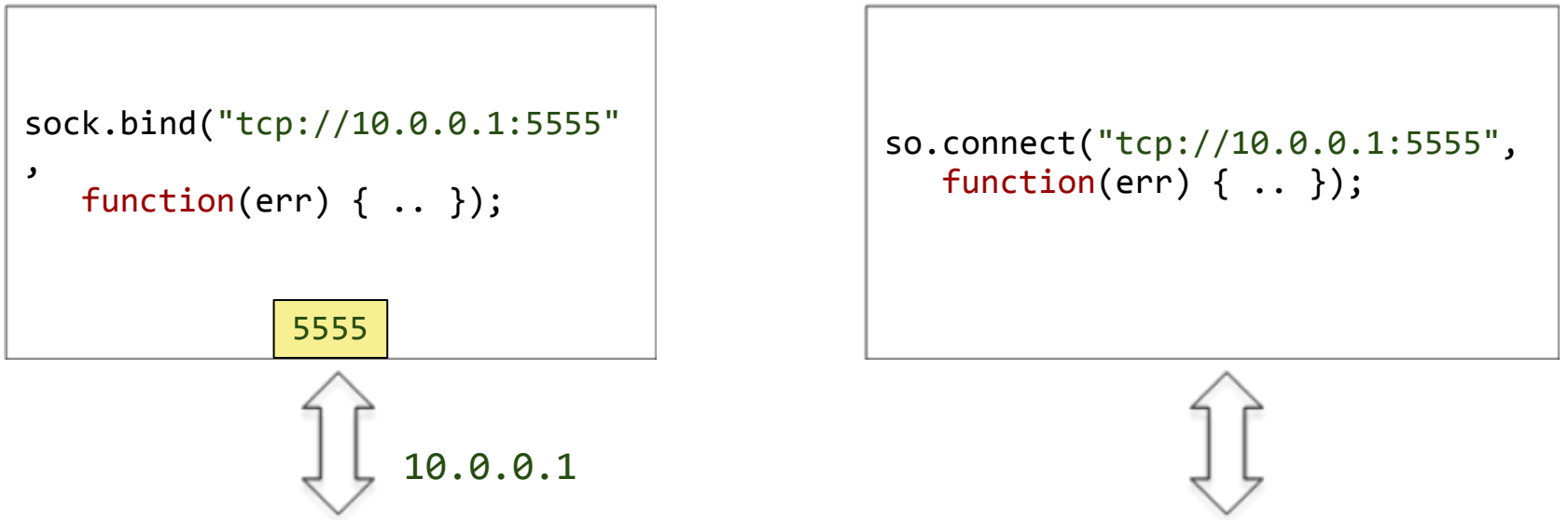
- Donde <TIPO SOCKET> será uno de los siguientes

req	push	pub
rep	pull	sub
dealer	*pair*	*xsub*
router		*xpub*

- Qué tipos utilizar dependerá de los patrones de conexión en los que intervenga

3.1. Sockets: Estableciendo vías de comunicación

- Un proceso realiza un **bind**
- Otros procesos realizan **connect**
- Cuando terminen, **close**
- **bind/connect** están desacoplados: no hay requisitos sobre su ordenación



3.1. Sockets: Múltiples conexiones son posibles

```
so1
.connect("tcp://10.0.0.1:5555",
   function(err) { .. });
so1
.connect("tcp://10.0.0.2:5556",
   function(err) { .. });
```

```
so2
.connect("tcp://10.0.0.1:5555",
   function(err) { .. });
```

```
so3
.connect("tcp://10.0.0.2:5556",
   function(err) { .. });
```

10.0.0.1

```
sock.bind("tcp://10.0.0.1:5555"
,
   function(err) { .. });
```

5555

10.0.0.2

```
sock.bind("tcp://10.0.0.2:5556"
,
   function(err) { .. });
```

5556

3.1. Sockets: Conexiones y colas

- Los sockets tienen colas de mensajes asociadas
  - De entrada (recepción), para mantener los mensajes que hayan llegado
    - Generan el evento "message" cuando mantienen algún mensaje
  - De salida (envío), manteniendo los mensajes a enviar a otros agentes
    - Donde se guardan los mensajes enviados por la aplicación
- Los sockets "router" mantienen un par de colas (entrada/salida) por agente conectado
  - El resto de los sockets no distinguen entre agentes
  - Los sockets "pub" quedan fuera de esta discusión
- Los sockets "pull" y "sub" solo mantienen una cola de entrada
- Los sockets "push" y "pub" solo mantienen una cola de salida

3.1. Sockets: bind / connect

- ¿Cuándo realizar un **bind** y cuándo un **connect**?
  - En la mayoría de los casos no importa: gestionado en la configuración
- Observaciones
  - Todos los agentes coincidirán en algún "endpoint"
  - Los "endpoints" se referencian mediante sus URL
  - En el transporte TCP
    - La dirección IP debe pertenecer a una de las interfaces del socket (bind)
      - bind: El socket solo necesita una configuración IP local (o ninguna)
        - No necesita conocer dónde están los demás agentes
    - El socket que realice un "connect" necesita conocer la dirección IP del socket que realice un "bind"

3.1. Sockets: Transportes: TCP

- URL: `tcp://<dirección>:<puerto>`
- Tres maneras de especificar la dirección

```
sock.bind("tcp://192.168.0.1:9999");
```

```
sock.bind("tcp://*:9999");
```

```
sock.bind("tcp://eth0:9999");
```

- *: **bind** sobre todas las interfaces
- "eth0": **bind** sobre todas las direcciones asociadas a la interfaz "eth0"

3.1. Sockets: Transportes: IPC

- *Inter Process Communication* (Sockets Unix)
- URL: ipc://<ruta-del-socket>

```
sock.bind("ipc:///tmp/myapp");
```

- Se necesita permiso rw (lectura y escritura) sobre el socket en <ruta-del-socket>

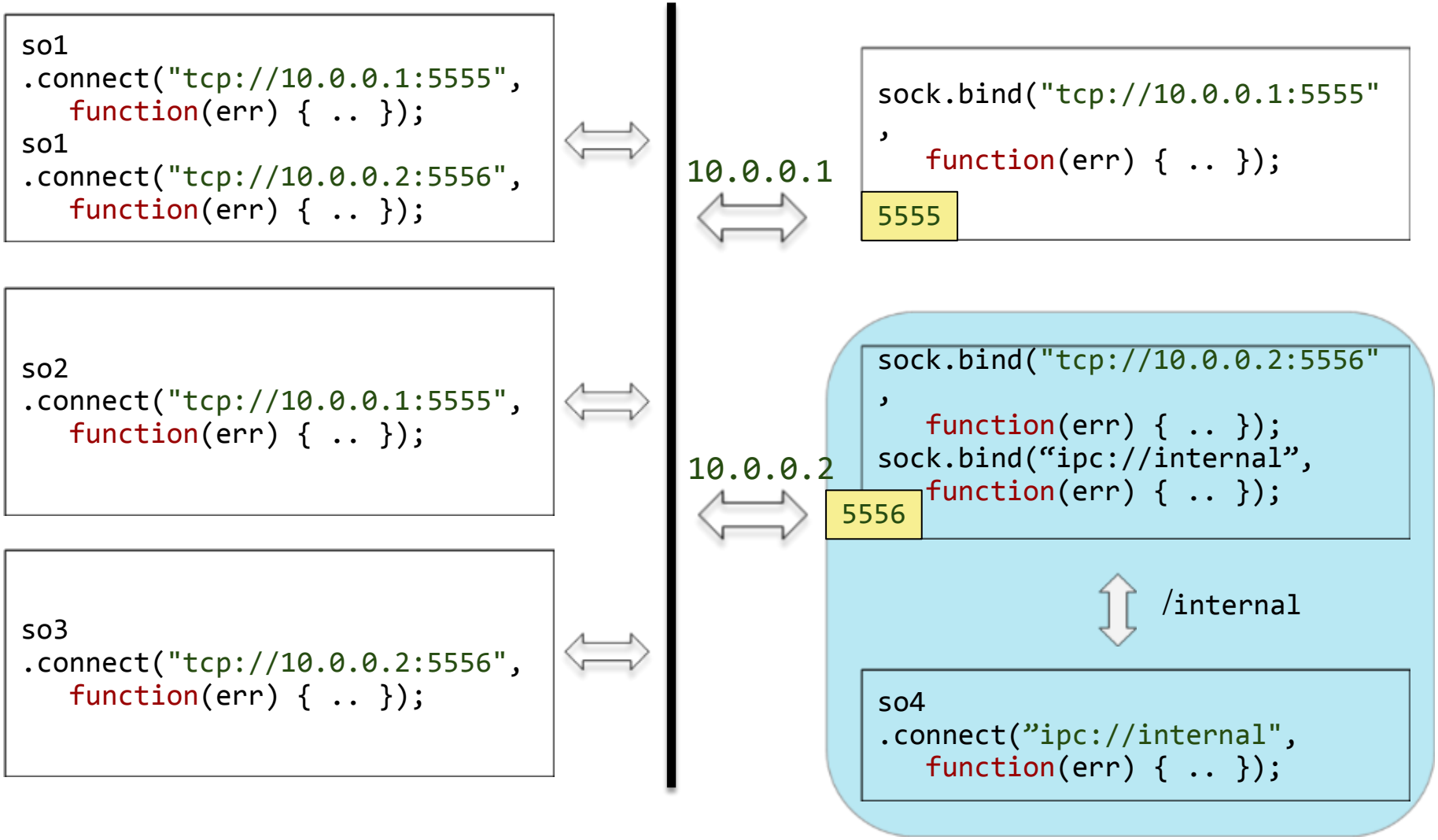
3.1. Sockets: Transportes: intra-proceso

- Mecanismo de comunicación intra-proceso
- Soportado directamente por 0MQ
- Utiliza estructuras de datos compartidas por todos los hilos del proceso
  - En nodejs solo hay un hilo
- URL: inproc://<nombre-cola>

```
sock.bind("inproc://appqueue");
```

- Restricciones
  - Longitud máxima para el nombre: 256
  - Se DEBE hacer un bind ANTES DE cualquier connect

3.1. Sockets: el uso de múltiples transportes es posible



3.1. Sockets: Envío de mensajes

- Envío multi-segmento, en varias llamadas

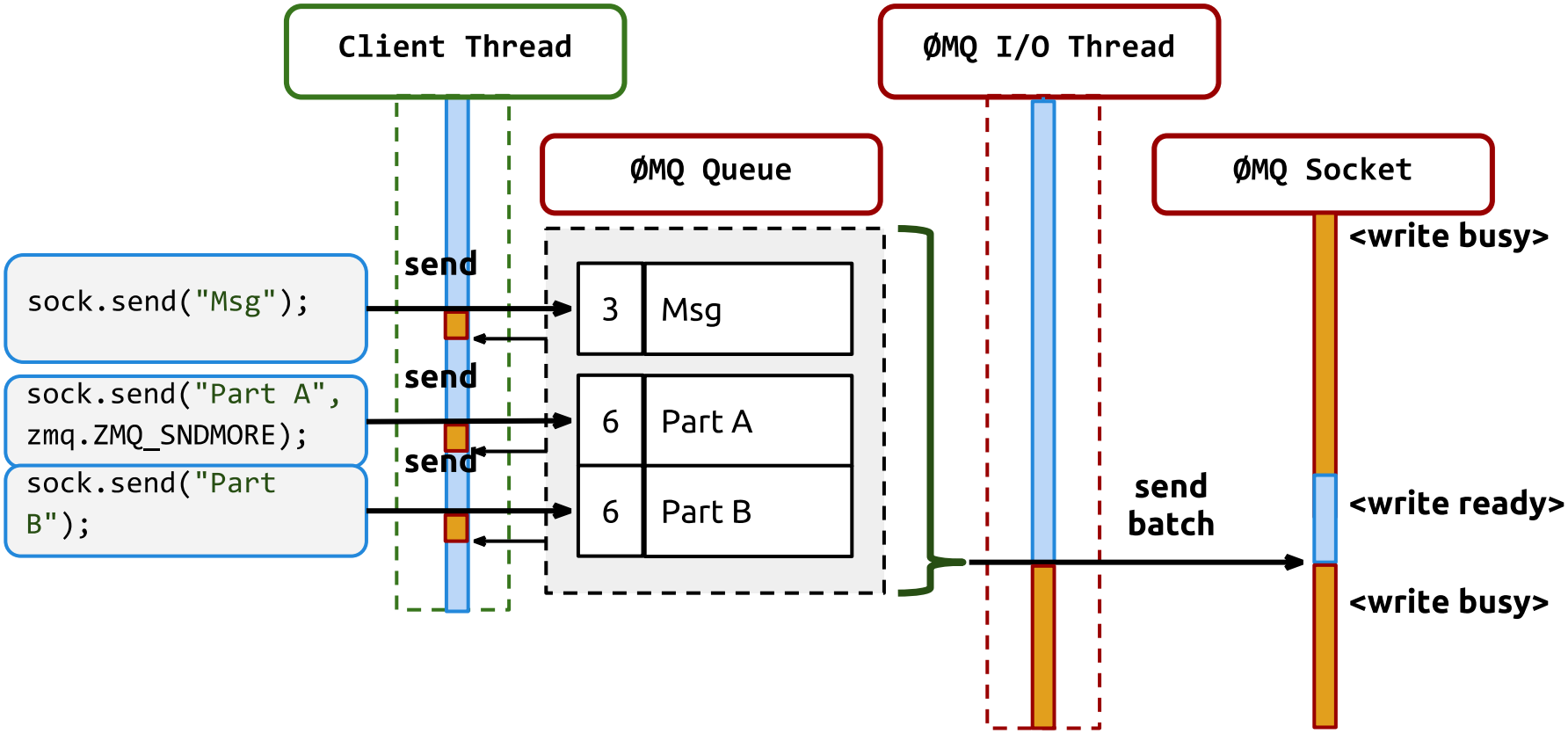
```
sock.send("Segmento 1”, zmq.ZMQ_SNDMORE);
sock.send("Segmento 2");
```

- Los segmentos pueden extraerse de un vector en una misma llamada

```
sock.send(["Segmento 1”, "Segmento 2"]);
```

- Los segmentos deben ser **buffers** o **cadenas**.
  - Las cadenas se convierten en buffers, utilizando codificación UTF8
    - Lo que no sea cadena se convierte primero a cadena

3.1. Sockets: aspectos internos del envío (batching)



3.1. Sockets: Recepción

- Basado en eventos "message" del socket
  - Los **argumentos** del manejador contienen los segmentos del mensaje
  - NOTA: Los segmentos son buffers binarios

```
sock.on("message", function(first_part, second_part){
        console.log(first_part.toString());
        console.log(second_part.toString());
});
```

- Para un número variable de segmentos, usar "**arguments**" directamente…

```
sock.on("message", function() {
    for (var key in arguments) {
        console.log("Part" + key + ": " + arguments[key]);
    };
});
```

- … o convertir antes en vector

```
var segments = Array.prototype.slice.call(arguments);
segments.forEach(function(seg) { … });
```

3.1 Sockets: Opciones

- Hay muchas.
- Dos importantes: **identity**, y **subscribe**

```
sock.identity = 'frontend';
sock.subscribe('SOCKER');
```

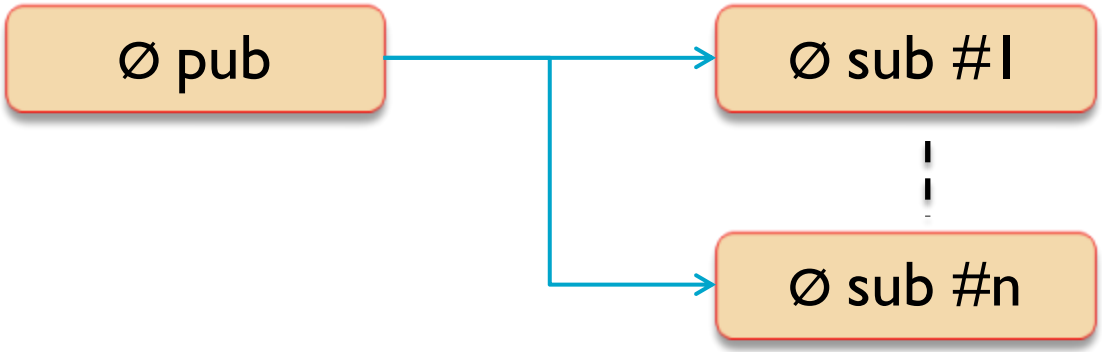
- **identity** es conveniente a la hora de conectar con sockets "router"
  - Fija el ID del agente que se conecte al "router"
  - Debe utilizarse antes de llamar al método connect().
- **subscribe**, utilizado por sockets "sub"
  - Fija el filtro de prefijos aplicado al socket "pub"

3.2. Patrones básicos

- **Req**uest/**Rep**ly (sincrónico)

- Push-pull

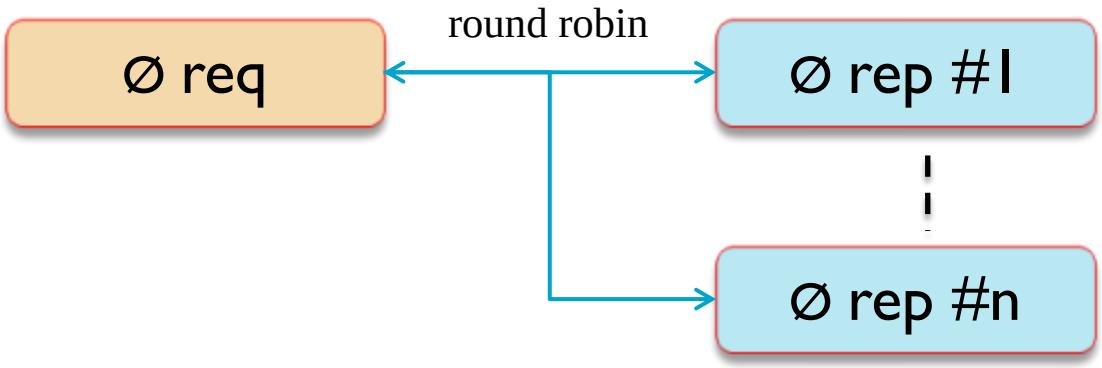
- Pub-Sub



3.2. Patrones básicos: **req**uest/**rep**ly

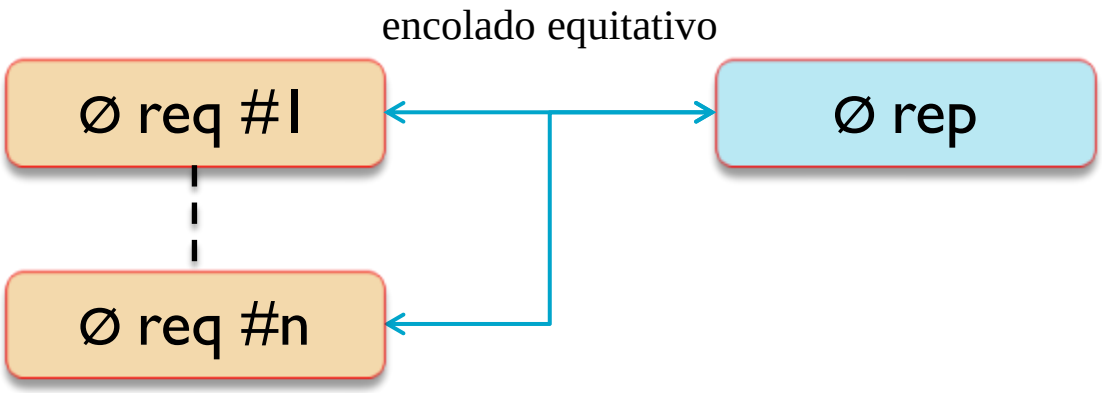
- Implantado mediante sockets **req** en el cliente
  - sockets **rep** en el servidor
- Cada mensaje enviado vía **req** necesita asociarse a una contestación desde el socket **rep** del servidor
- Patrón de comunicación sincrónico
  - Todos los pares petición/respuesta están totalmente ordenados
  - Los "endpoints" pueden reaccionar asincrónicamente
- Cuando se ha enviado un mensaje a través de un socket **req**, otro envío posterior por ese socket será encolado localmente
  - Hasta que el mensaje de respuesta sea recibido
    - Entonces el mensaje encolado se enviará
- Cuando se ha enviado un mensaje a través de un socket **rep**, otro envío posterior por ese socket será encolado localmente
  - Hasta que un nuevo mensaje de petición sea recibido
    - Entonces el mensaje encolado se enviará: será su respuesta

3.2. Patrones básicos: **req**uest/**rep**ly con distribución



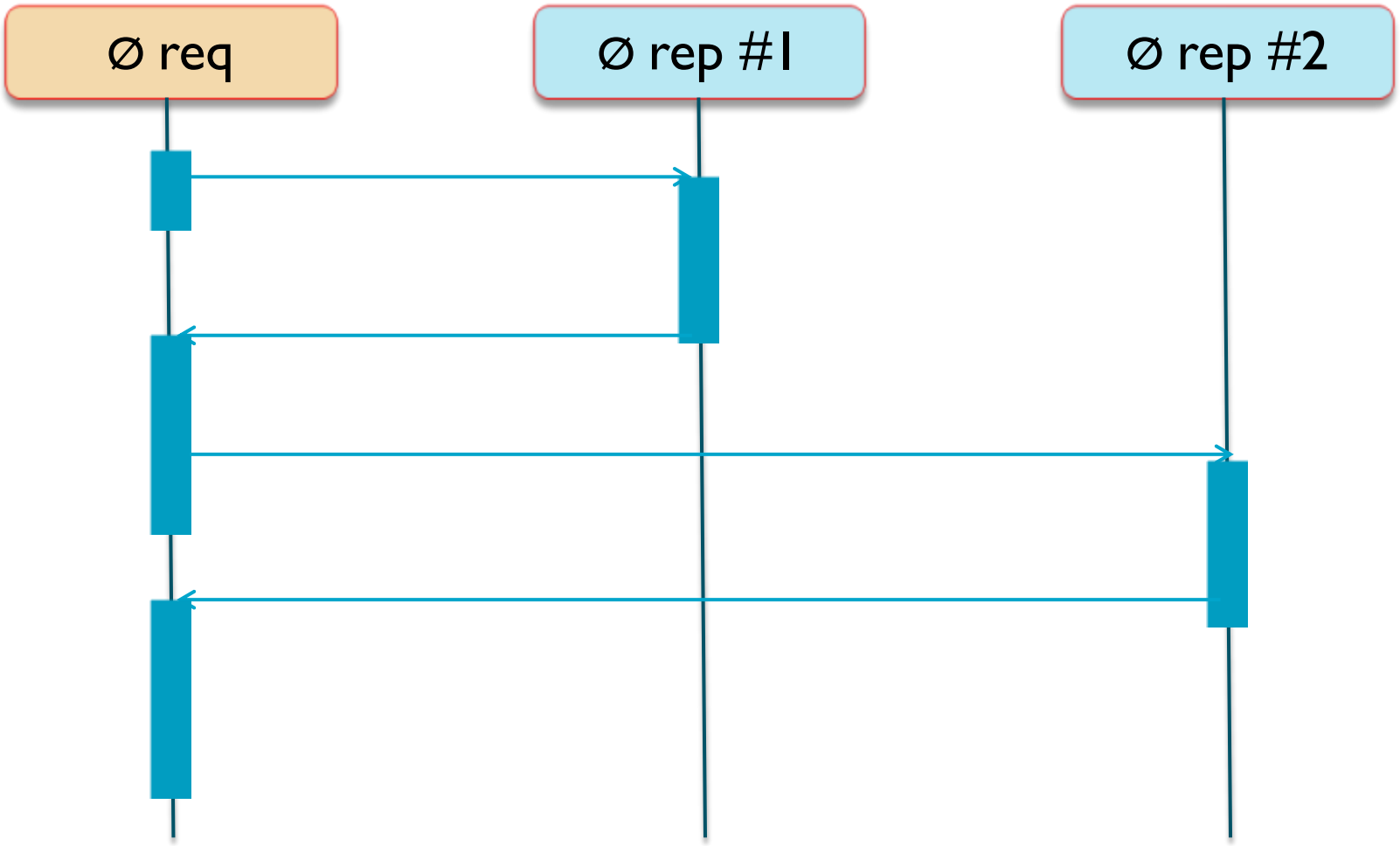
- Cuando un **req** conecta con más de un **rep**, cada mensaje de petición se envía a un **rep** diferente
  - Se sigue una política "round-robin"
- La operación continúa siendo sincrónica:
  - 0MQ no envía nuevas peticiones hasta que cada respuesta sea recibida
  - No hay paralelización de peticiones

3.2. Patrones básicos: múltiples peticionarios

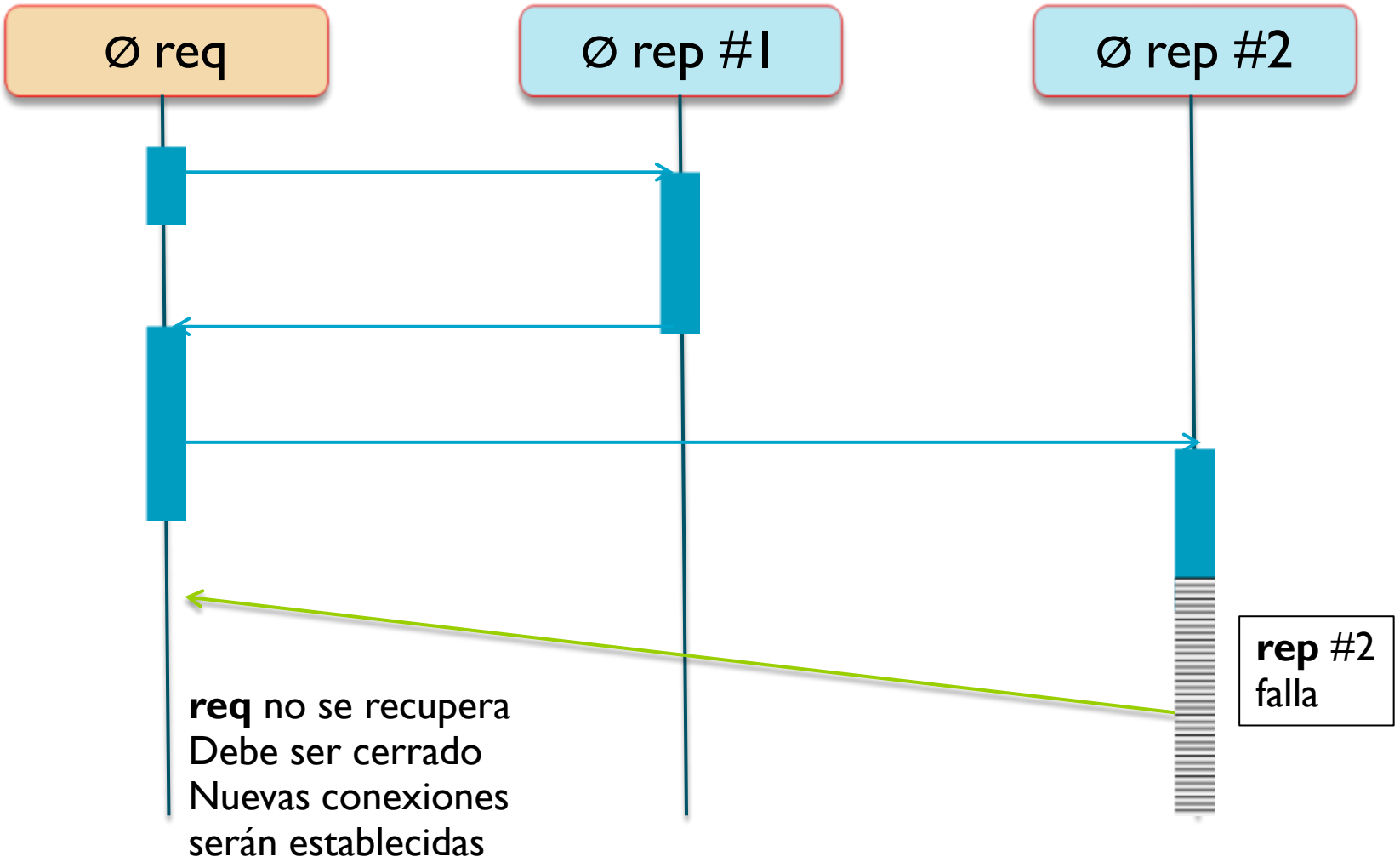


- Configuración típica para un servidor
- El socket **rep** gestiona los mensajes de entrada con una cola
  - Ningún socket **req** sufrirá inanición

3.2. Patrones básicos: Secuencia petición/respuesta



3.2. Patrones básicos: Fallos petición/respuesta



3.2. Patrones: req/rep básico

```
var zmq = require('zmq');
var rq = zmq.socket('req');
rq.connect('tcp://127.0.0.1:8888');
rq.send('Hello');
rq.on('message', function(msg) {
   console.log('Response: ' + msg);
});
```

```
var zmq = require('zmq');
var rp = zmq.socket('rep');
rp.bind('tcp://127.0.0.1:8888',
     function(err) {
        if (err) throw err;
     });
rp.on('message', function(msg) {
   console.log('Request: ' + msg);
         rp.send('World');
});
```

3.2. Patrones básicos: req/rep, dos servidores

```
var zmq = require('zmq');
var rq = zmq.socket('req');
rq.connect('tcp://127.0.0.1:8888');
rq.connect('tcp://127.0.0.1:8889');
rq.send('Hello');
rq.send('Hello again');

rq.on('message', function(msg) {
   console.log('Response: ' + msg);
});
```

```
var zmq = require('zmq');
var rp = zmq.socket('rep');
rp.bind('tcp://127.0.0.1:8888',
     function(err) {
        if (err) throw err;
     });
rp.on('message', function(msg) {
   console.log('Request: ' + msg);
        rp.send('World');
});
```

```
var zmq = require('zmq');
var rp = zmq.socket('rep');
rp.bind('tcp://127.0.0.1:8889',
     function(err) {
        if (err) throw err;
     });
rp.on('message', function(msg) {
   console.log('Request: ' + msg);
        rp.send('World 2');
});
```

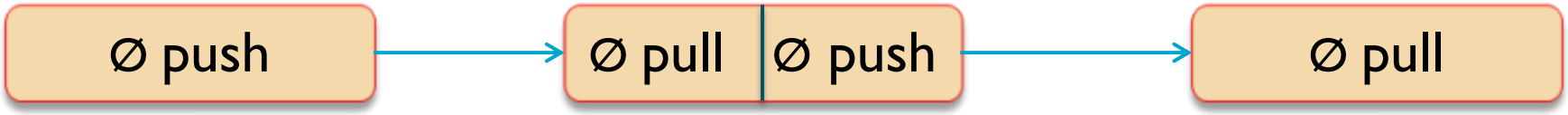
3.2. Patrones: req/rep, estructura de los mensajes

- Los mensajes tienen un primer segmento vacío
- Es el "delimitador"
- El socket **req** lo añade, sin que intervenga la aplicación
- El socket **rep** lo elimina antes de pasarlo a la aplicación
  - Pero lo añade de nuevo en la contestación
- El socket **req** lo eliminará de la contestación

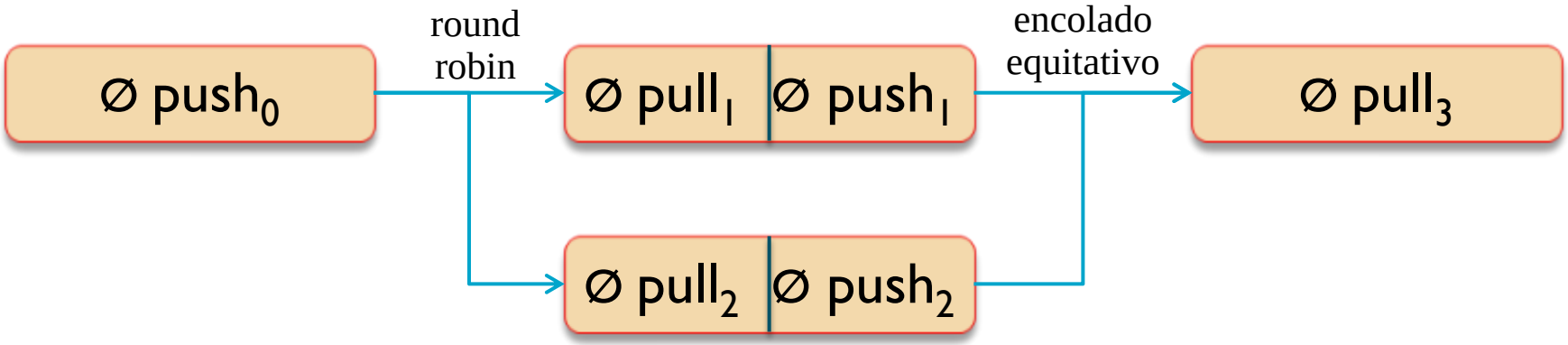
0	""
7	"esto es"
3	"una"
8	"petición"

3.2. Patrones básicos: push/pull

- Distribución de datos unidireccional
- El emisor no espera ninguna respuesta
  - Los mensajes no esperan respuestas: envíos concurrentes



- Se aceptan multiples conexiones
  - P.ej., organización típica map-reduce:



3.2: Patrones: ejemplo push/pull, productor/consumidores

```
var zmq = require("zmq");
var producer = zmq.socket("push");
var count = 0;

producer.bind("tcp://*:8888", function(err) {
  if (err) throw err;

  setInterval(function() {
    var t = producer.send("msg nr. " + count++);
    console.log(t);
  }, 1000);
});
```

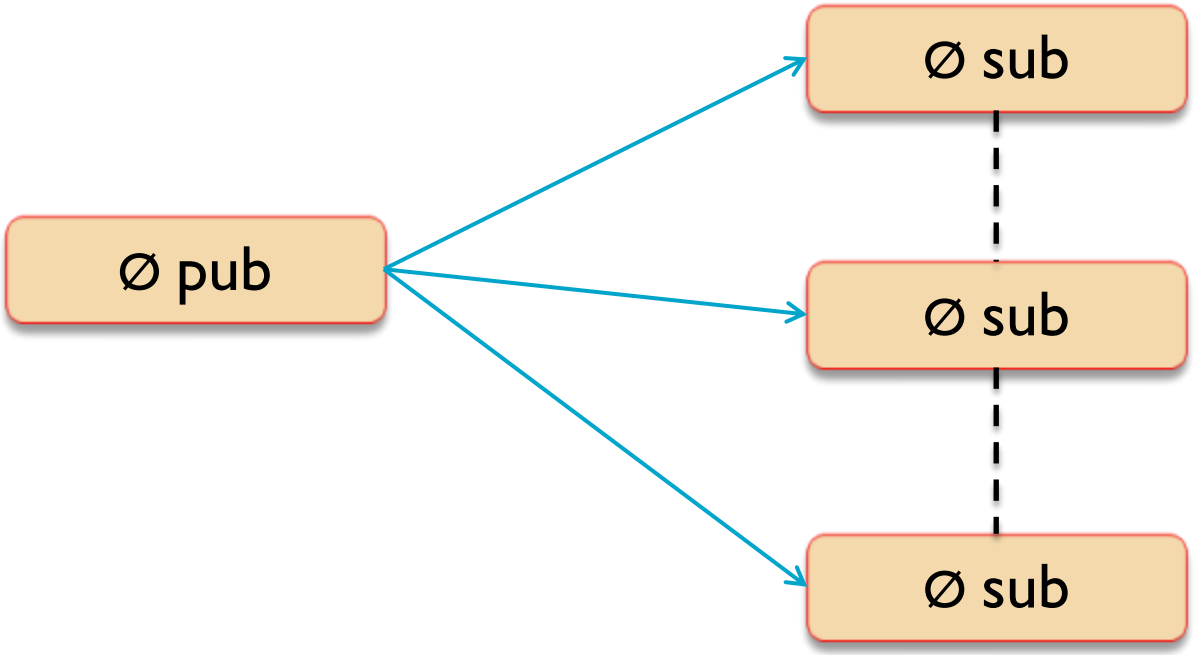
```
var zmq = require("zmq");
var consumer = zmq.socket("pull");

consumer.connect("tcp://127.0.0.1:8888");

consumer.on("message", function(msg) {
  console.log("received: " + msg);
});
```

3.2. Patrones básicos: Publish/Subscribe (pub/sub)

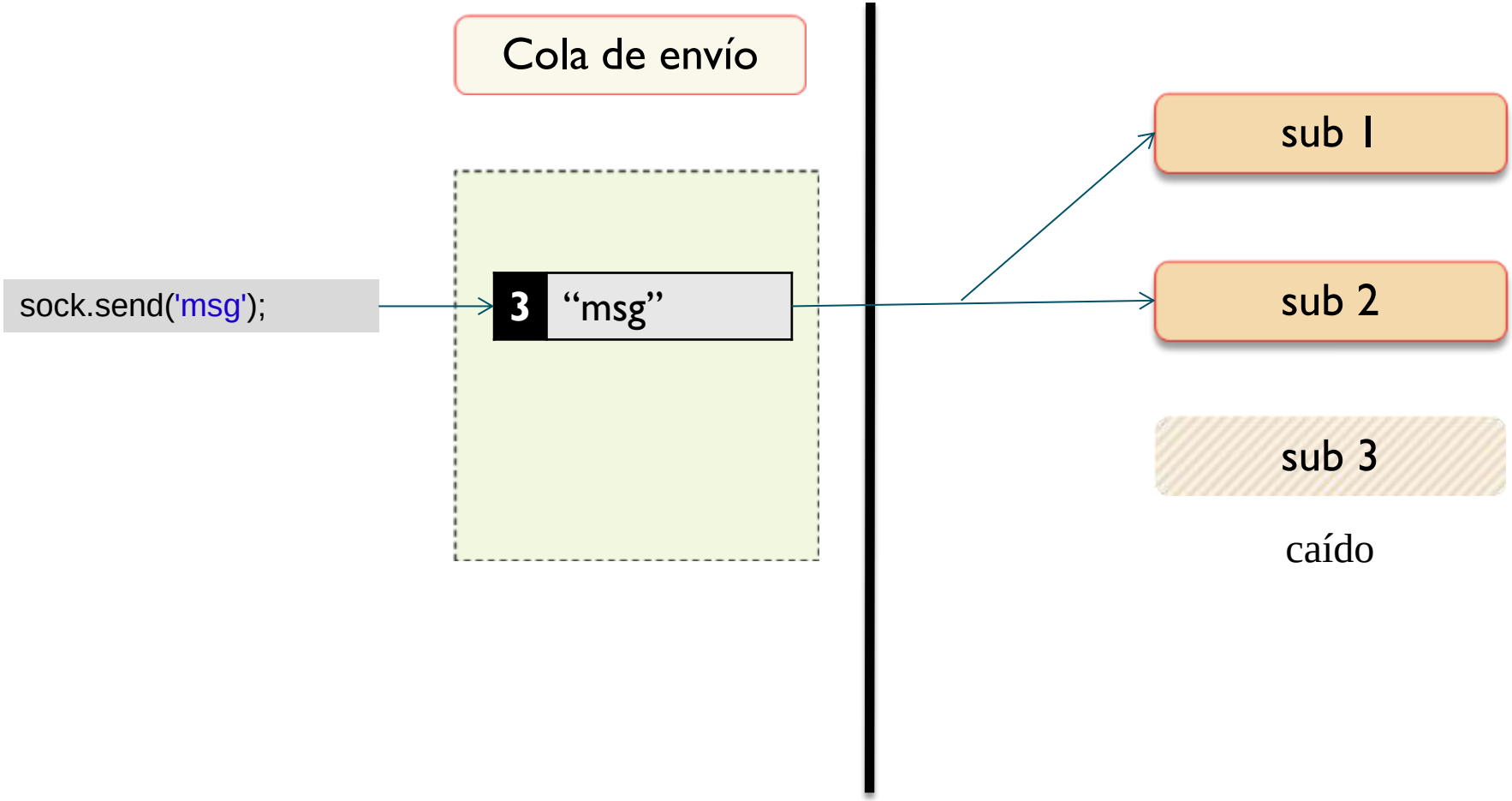
- Este patrón implanta la difusión de mensajes...



- ... con una condición: los receptores pueden decidir que se suscriben solo a ciertos mensajes
  - Entonces es un multienvío

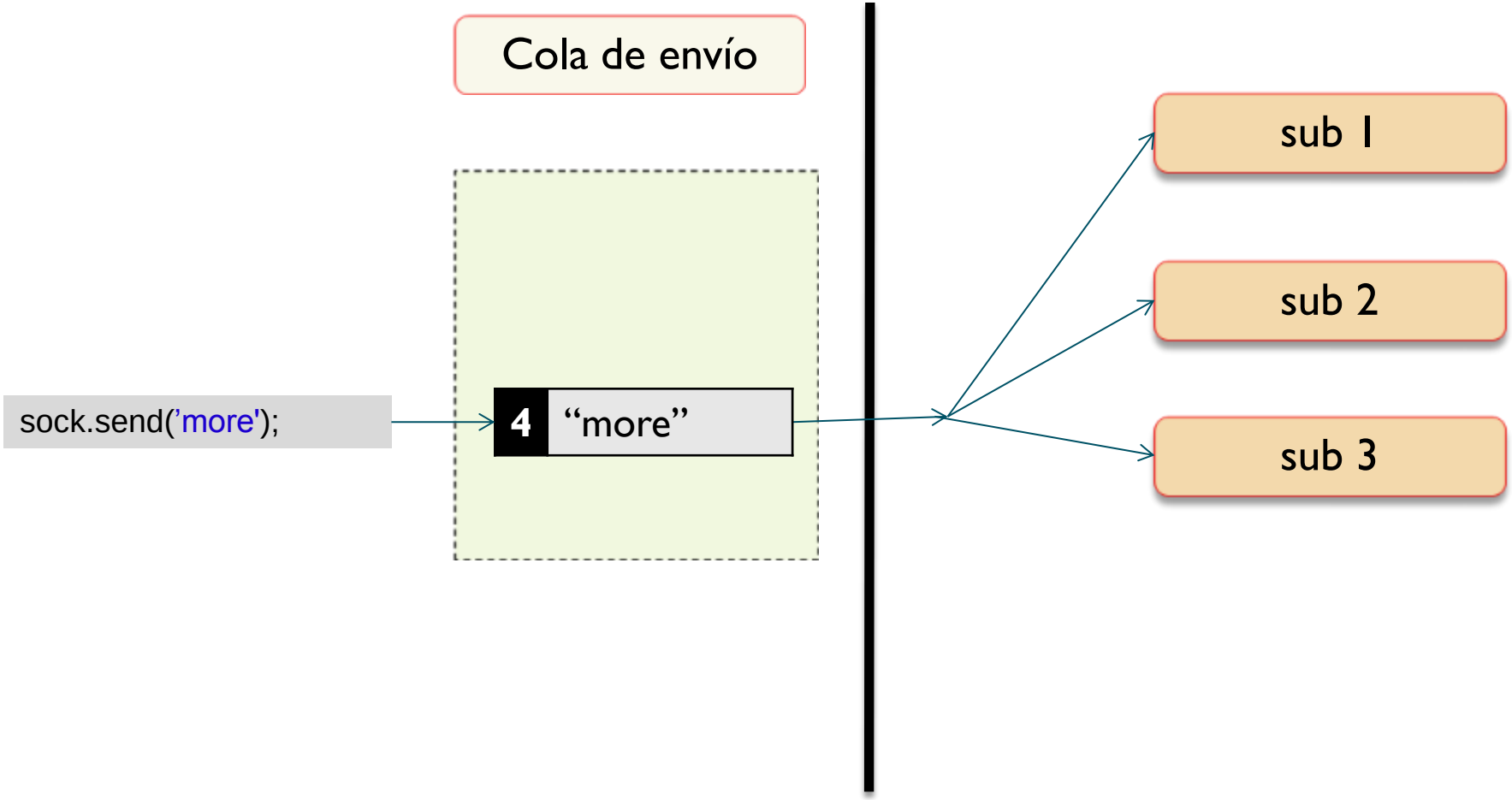
3.2. Patrones básicos: pub/sub

- Los mensajes son enviados a todos los agentes disponibles y conectados



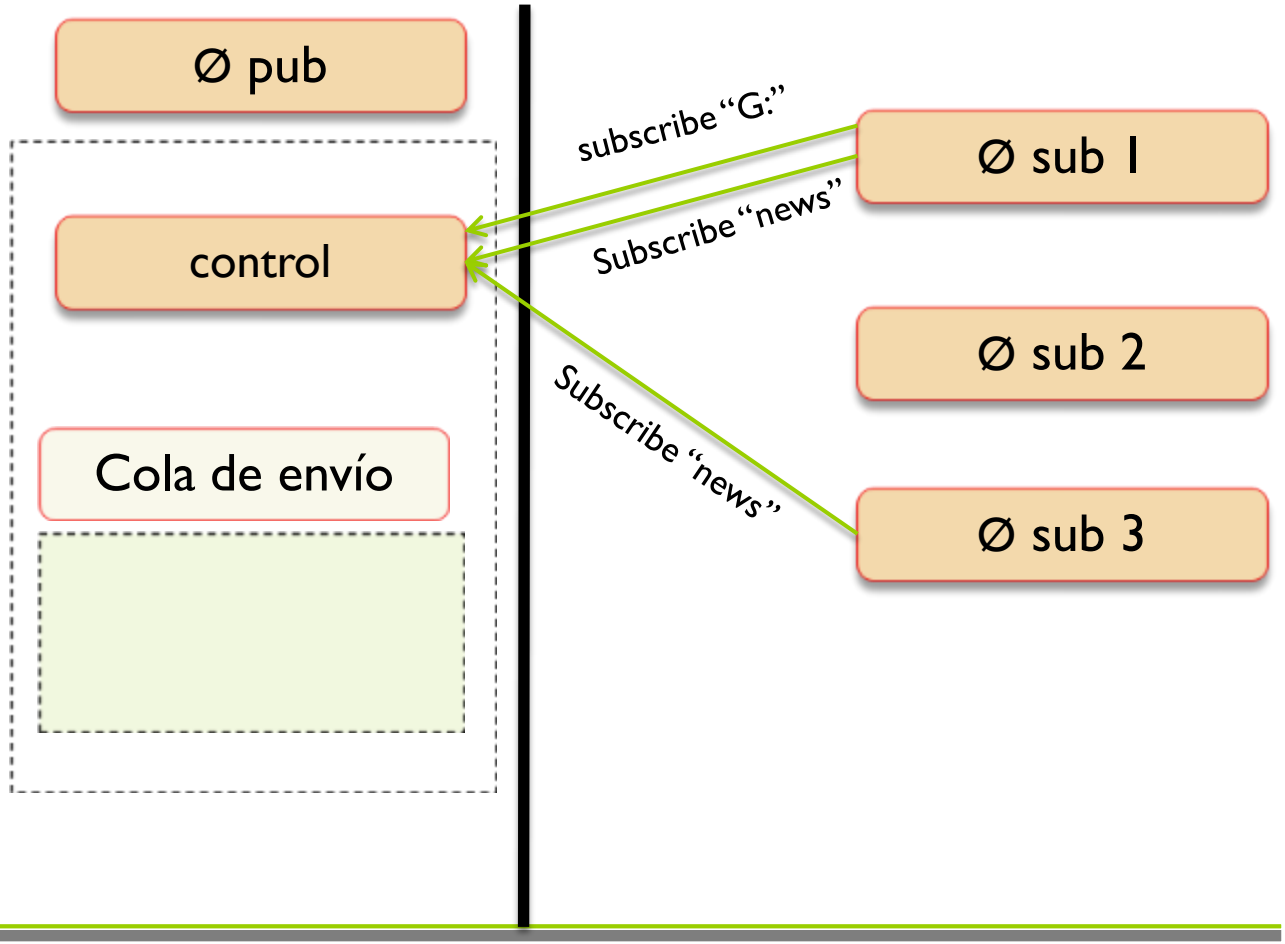
3.2. Patrones básicos: pub/sub

- Los mensajes son enviados a todos los agentes disponibles y conectados



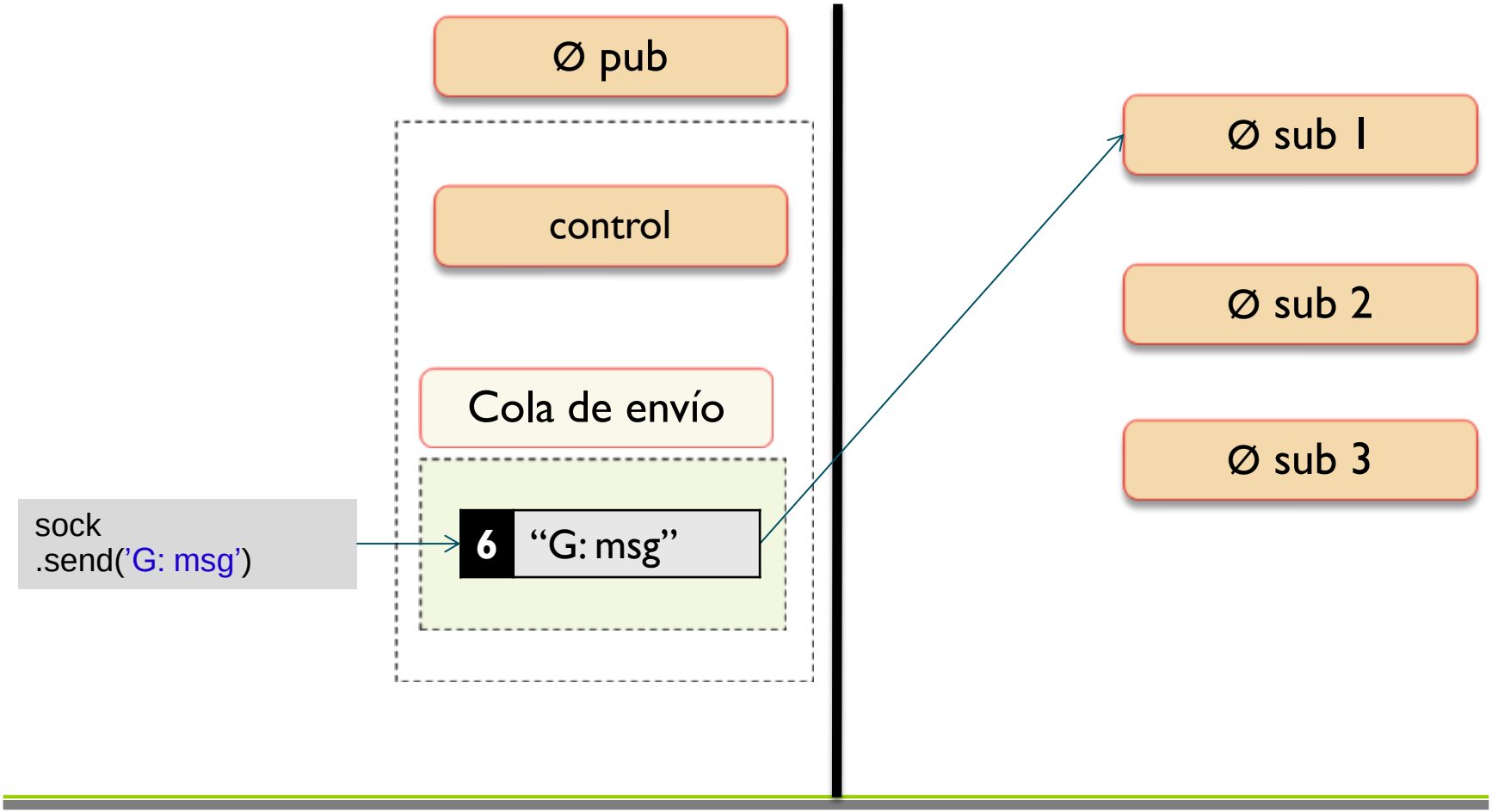
3.2. Patrones básicos: pub/sub: Suscripción/filtrado

- Los suscriptores pueden especificar filtros, como prefijos de los mensajes
  - Pueden especificar varios prefijos



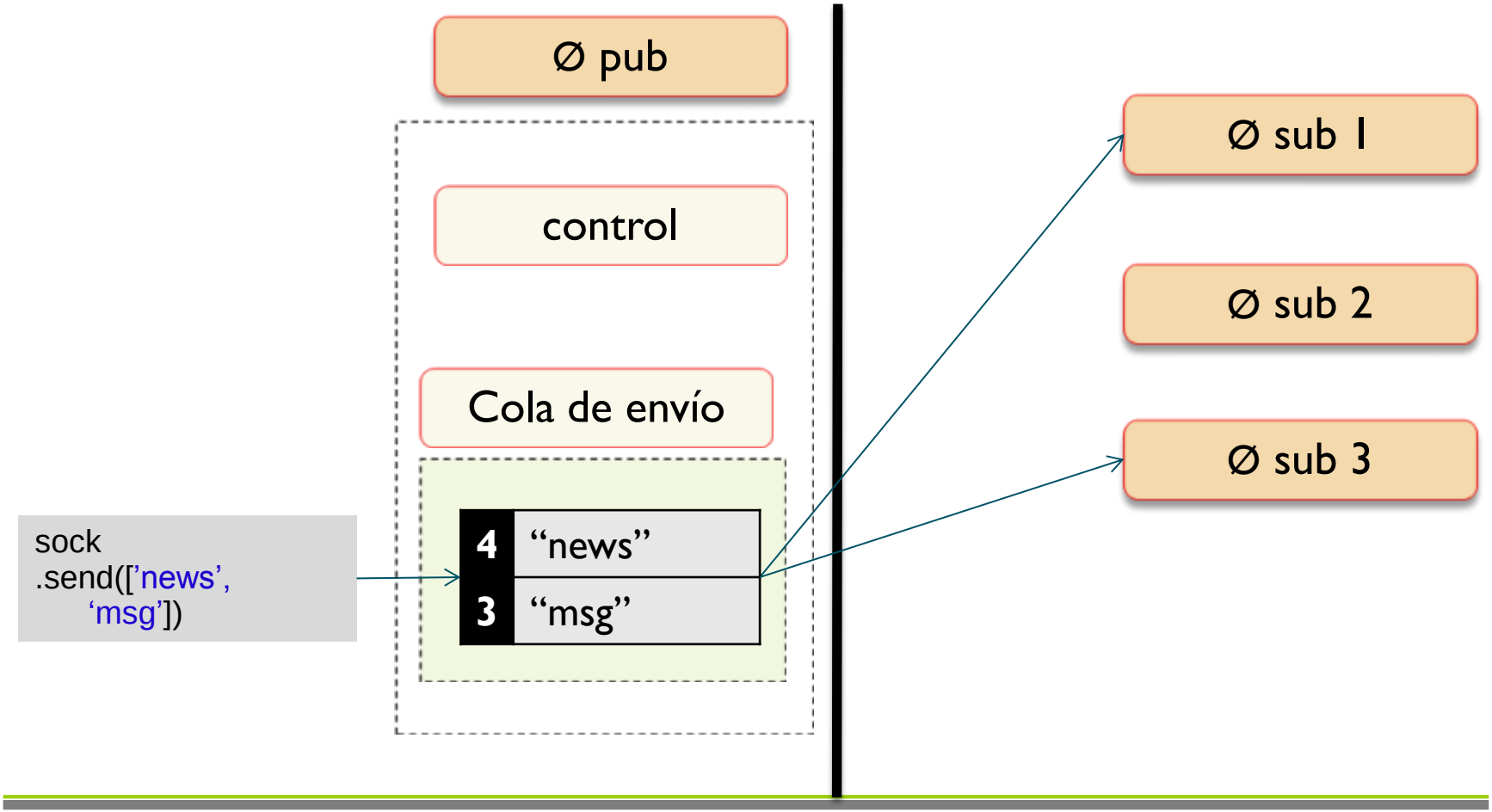
3.2. Patrones básicos: pub/sub: Suscripción/filtrado

- Los suscriptores pueden especificar filtros, como prefijos de los mensajes
  - Recibirán solo los mensajes con esos prefijos



3.2. Patrones básicos: pub/sub: Suscripción/filtrado

- Los suscriptores pueden especificar filtros, como prefijos de los mensajes
  - Recibirán solo los mensajes con esos prefijos



3.2. Patrones básicos. Ejemplo pub/sub

```
var zmq = require("zmq");
var pub = zmq.socket('pub');
var count = 0

pub.bindSync("tcp://*:5555");

setInterval(function() {
  pub.send("TEST " + count++);
}, 1000);
```

```
var zmq = require("zmq");
var sub = zmq.socket('sub');

sub.connect("tcp://localhost:5555")
sub.subscribe("TEST");
sub.on("message", function(msg) {
  console.log("Received: " + msg);
});
```

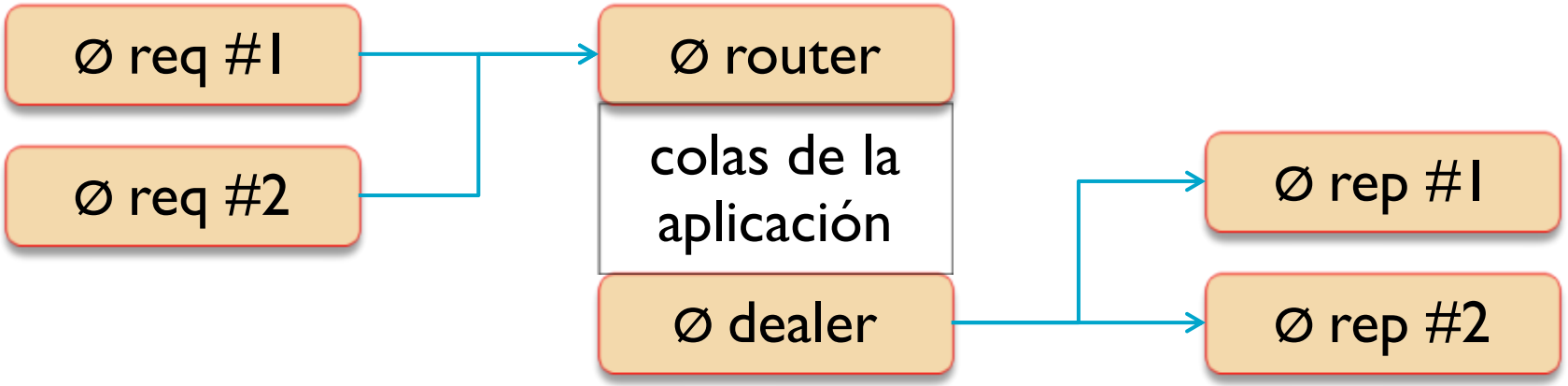
Los mensajes más antiguos podrían perderse si el suscriptor empieza tarde

Índice

4. Tipos de "sockets" avanzados

1. Dealer
   - Similar a **req**, pero asincrónico
2. Router
   - Similar a **rep**, pero asincrónico y con capacidad para distinguir entre agentes (para encaminar las respuestas)

- Normalmente se implantan juntos en un mismo agente

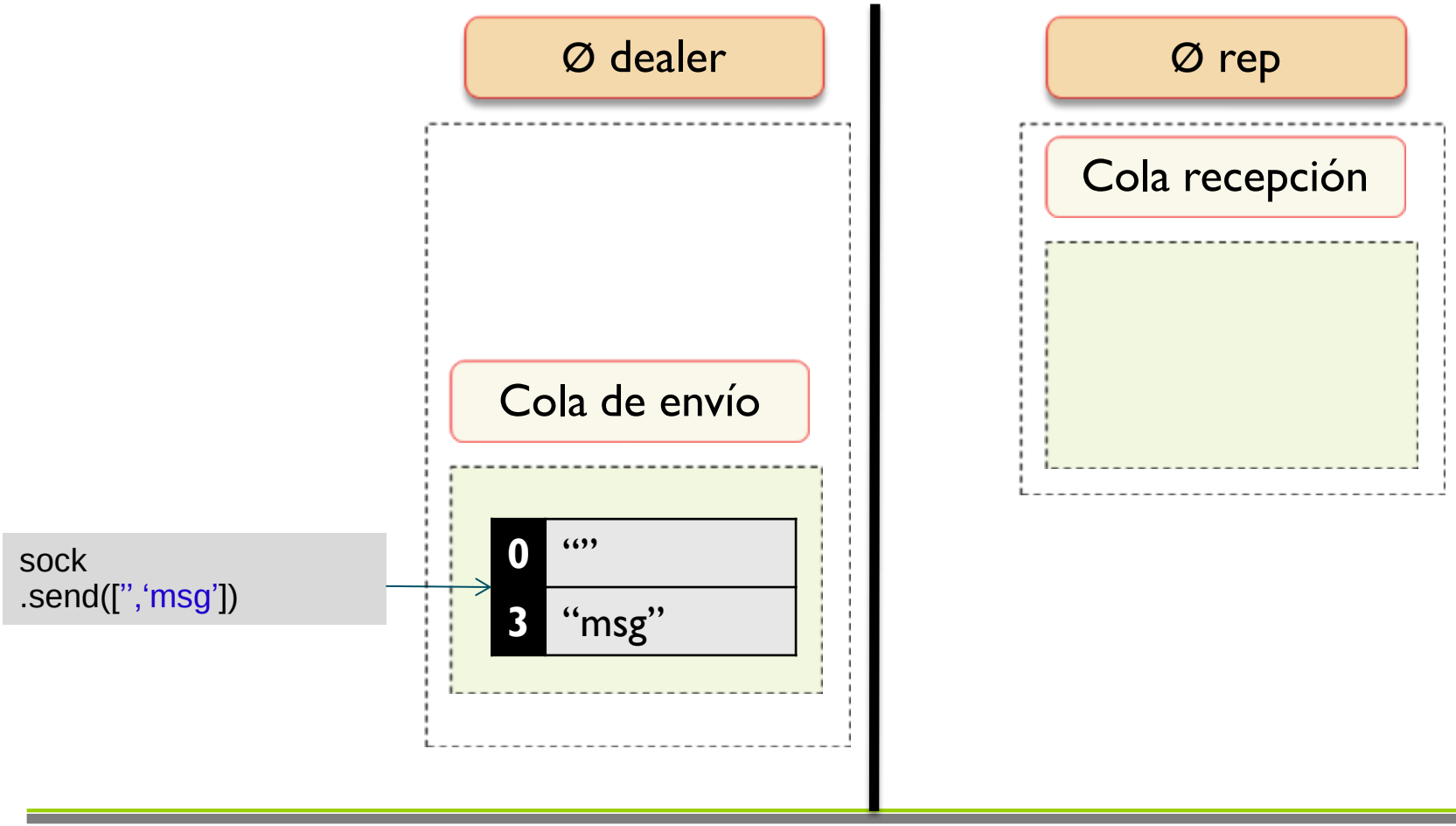


4.1. Sockets dealer

- Es un socket asincrónico de propósito general
- Puede conectar con req/rep/router/dealer/pull/push/pub/sub
  - Pub/sub no tiene excesivo sentido, pues es un subprotocolo con filtrado
- Usado frecuentemente como socket **req** asincrónico
  - No se bloquea por fallos en los agentes
  - PERO, debe construir un mensaje de petición adecuado
    - Con segmento vacío (delimitador) antes del cuerpo real del mensaje
    - Puede ubicar tras el delimitador cualquier número de segmentos
- Puede utilizarse también como socket **rep** asincrónico

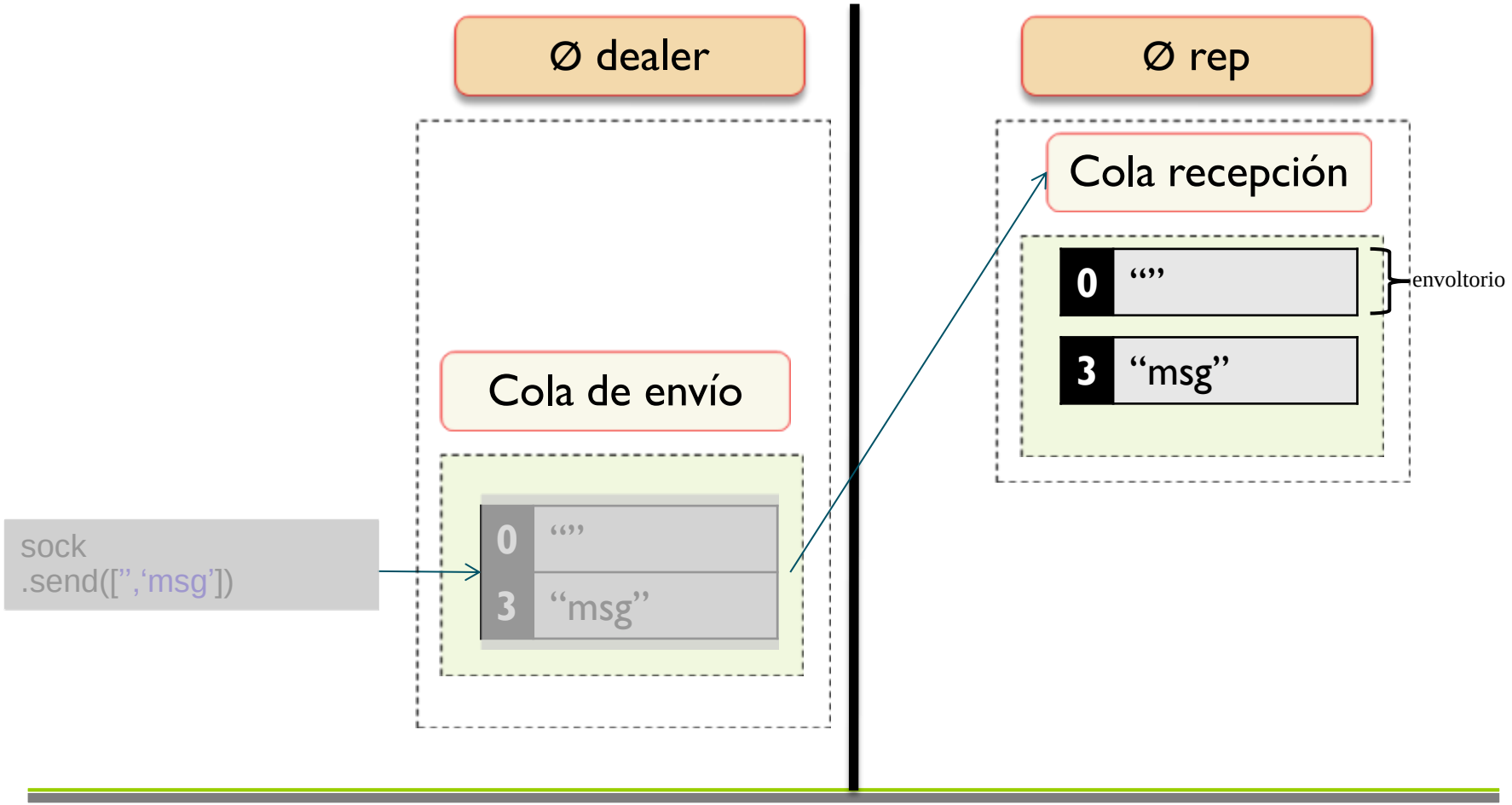
4.1. Sockets dealer: gestión de peticiones y respuestas

- El delimitador debe ser añadido (como cabecera) para comunicarse con un **rep**:



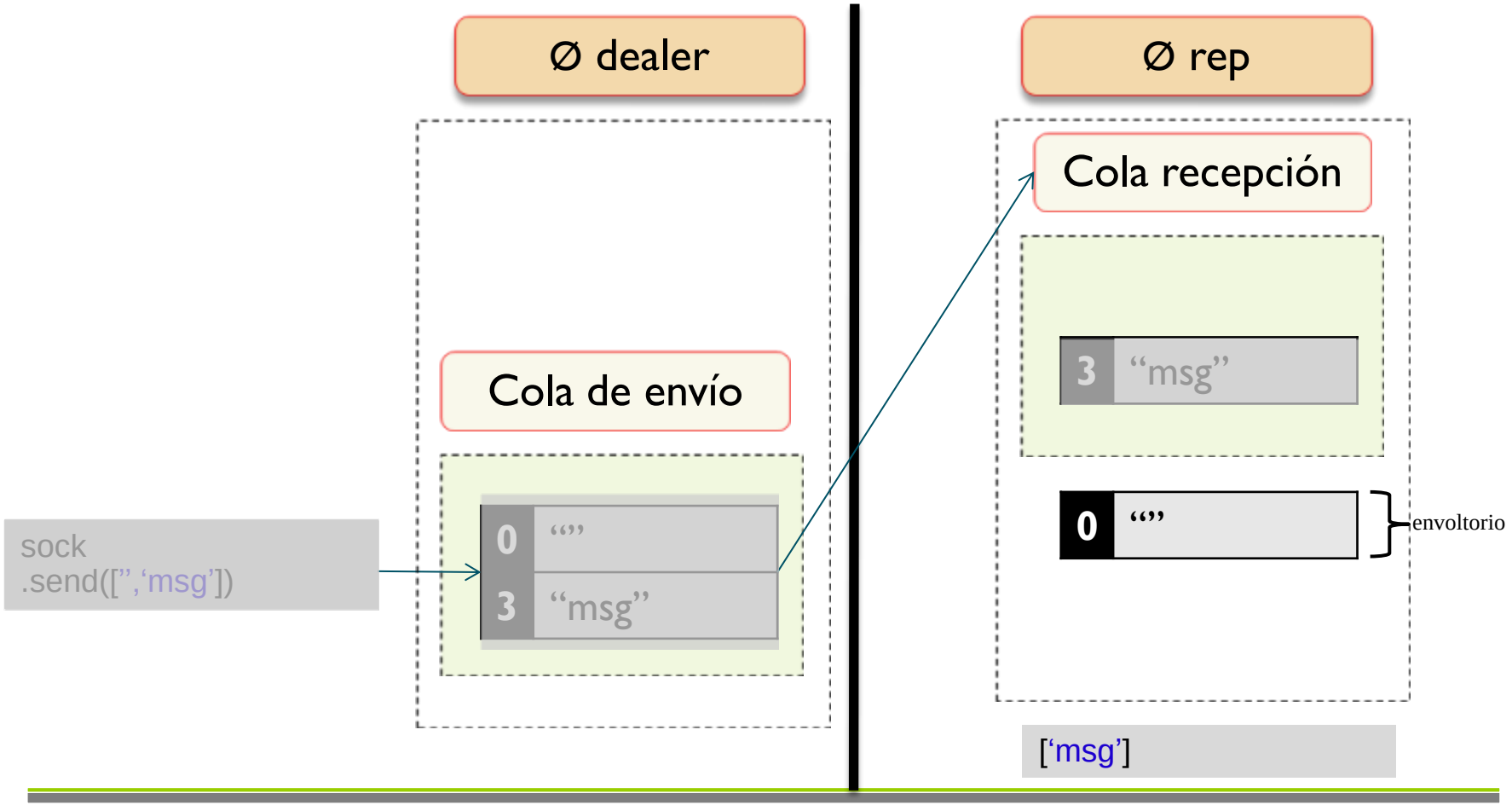
4.1. Sockets dealer: gestión de peticiones y respuestas

- Cuando se reciba, el socket **rep** quita el "envoltorio"



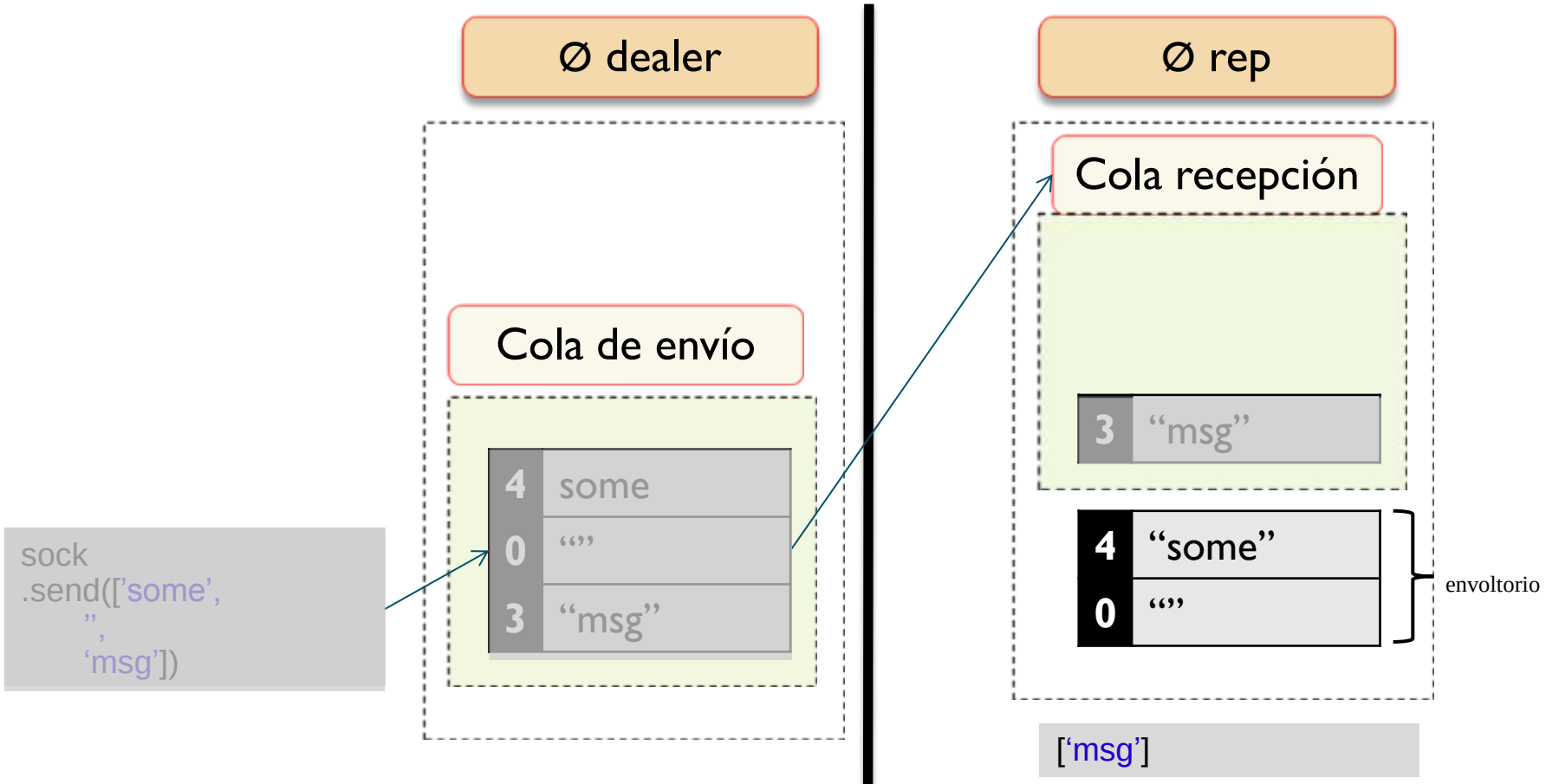
4.1. Sockets dealer: gestión de peticiones y respuestas

- Cuando se reciba, el socket **rep** quita el "envoltorio"
  - La aplicación solo recibe el resto del mensaje



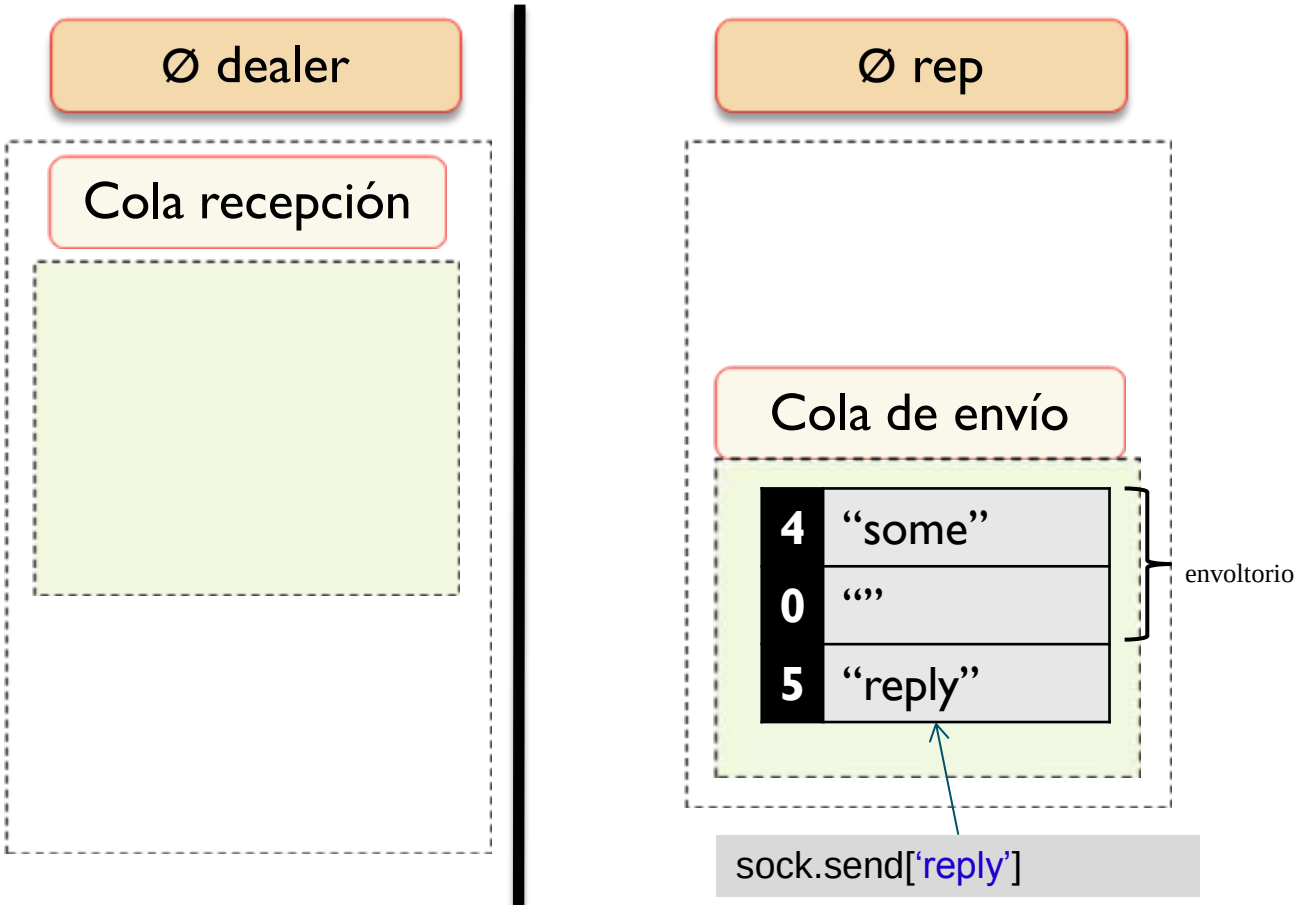
4.1. Sockets dealer: envoltorio

- El envoltorio es más general: Todos los segmentos hasta el primer delimitador
  - El envoltorio es guardado por el **rep**...



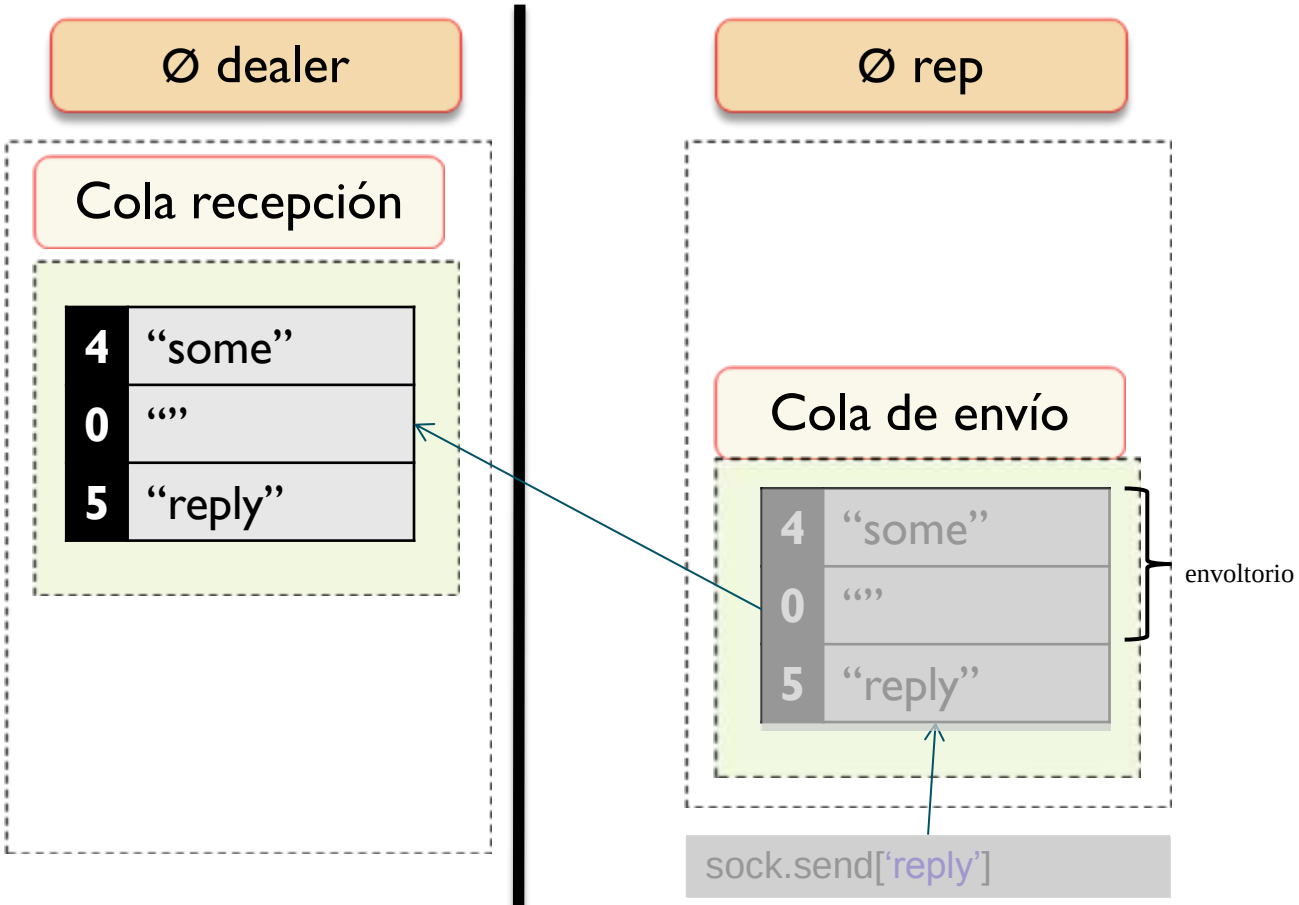
4.1. Sockets dealer: envoltorio

- El envoltorio es más general: Todos los segmentos hasta el primer delimitador
  - El envoltorio es guardado por el **rep**... y reinsertado en la respuesta



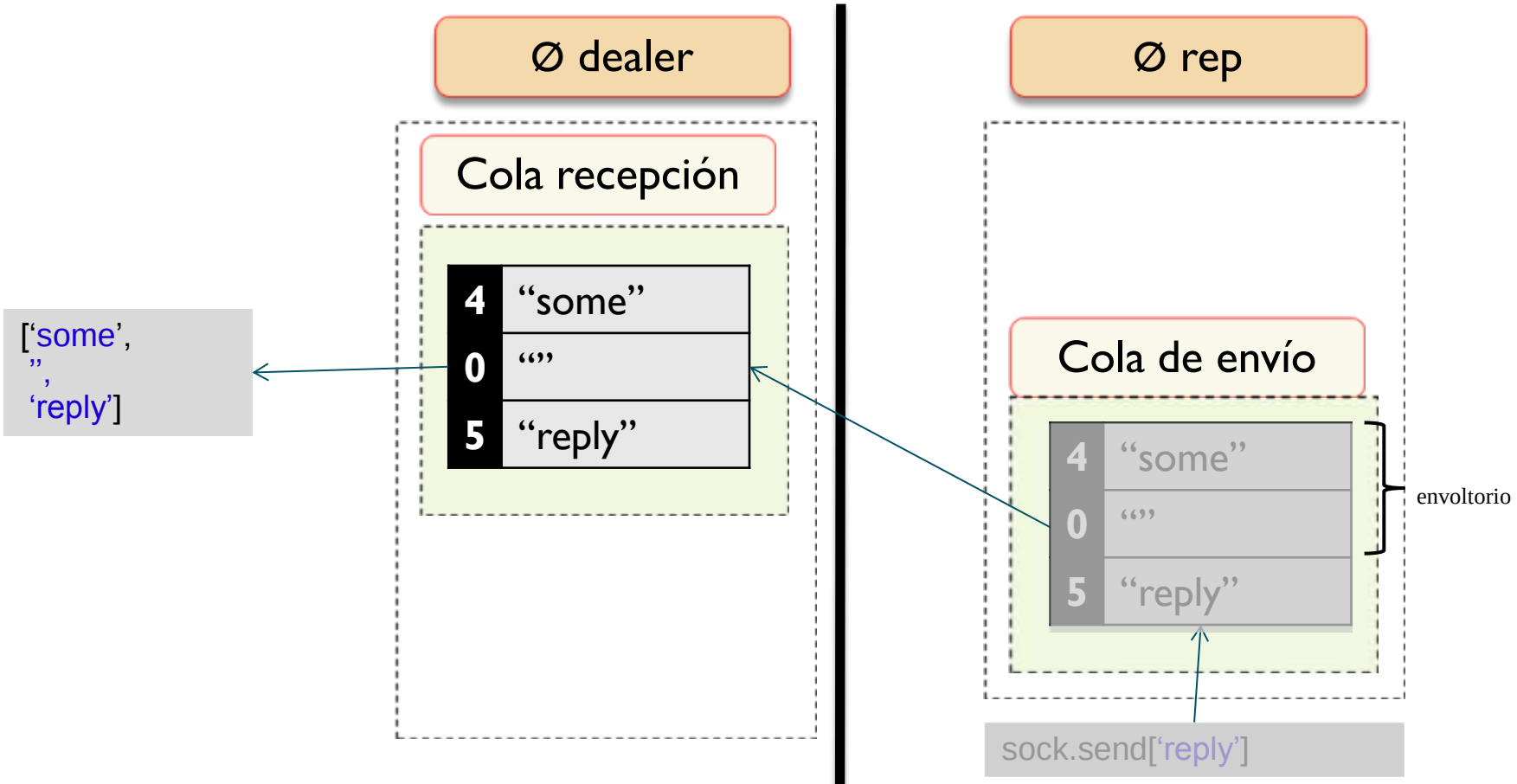
4.1. Sockets dealer: envoltorio

- El envoltorio es más general: Todos los segmentos hasta el primer delimitador
  - El mensaje generado se envía como respuesta



4.1. Sockets dealer: envoltorio

- El envoltorio es más general: Todos los segmentos hasta el primer delimitador
  - Y la aplicación dealer obtiene todo esto



4.1. Sockets dealer: ejemplo de código

```
var zmq  = require('zmq');
var dealer = zmq.socket('dealer');
var msg = ["", "Hello ", 0];
var host = ”tcp://localhost:888”;

dealer.connect(host + 8);
dealer.connect(host + 9);

setInterval(function() {
  dealer.send(msg);
  msg[2]++;
}, 1000);

dealer.on('message',
  function(h, seg1, seg2) {
    console.log('Response:’ + seg1 + seg2);
});
```

```
var zmq = require('zmq');
var rep = zmq.socket('rep');

rep.bindSync('tcp://*:8888');
rep.on('message',
  function (intro, count) {
    rep.send(['World ',
              count]);
});
```

```
var zmq = require('zmq');
var rep = zmq.socket('rep');

rep.bindSync('tcp://*:8889');
rep.on('message',
  function (intro, count) {
    rep.send(['World ',
              count]);
});
```

4.2. Sockets router

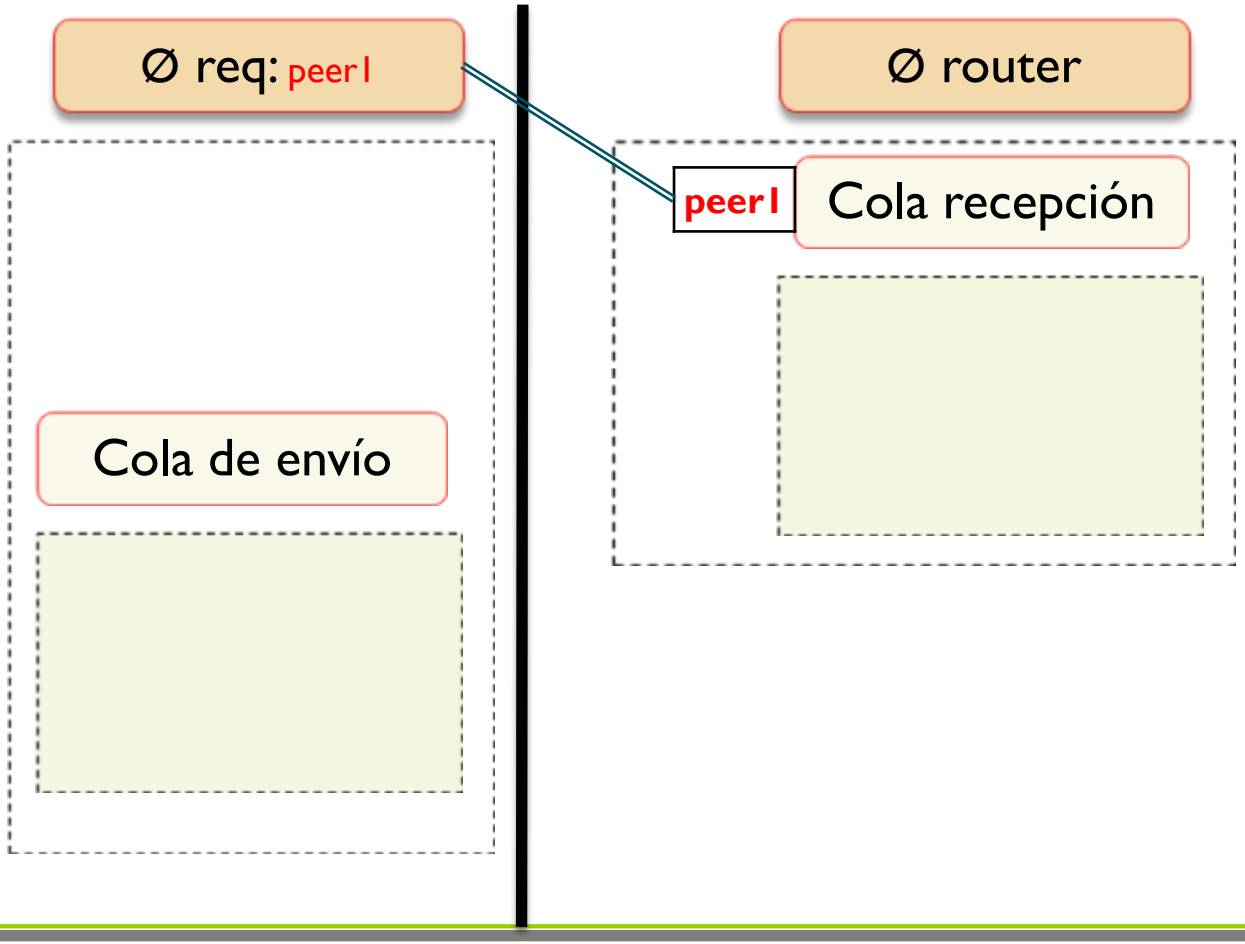
- Sockets bidireccionales asincrónicos
- Permite enviar mensajes a agentes específicos
  - Asigna una identidad a cada agente con el que se conecte
  - La identidad es aquella dada al agente en su programa
    - sock.identity = 'my name';
    - Cuando el agente no tenga una identidad asociada
      - El socket router crea una identidad aleatoria para ese agente conectado
      - La identidad creada se mantiene mientras la conexión dure
      - Al cerrar la conexión y restablecerla, la identidad cambia
    - Los identificadores son cadenas arbitrarias de hasta 256 octetos
- Cuando el socket router pase un mensaje a la aplicación
  - Añade un segmento inicial con el identificador del agente emisor

4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- El agente req tiene identidad "peer1"

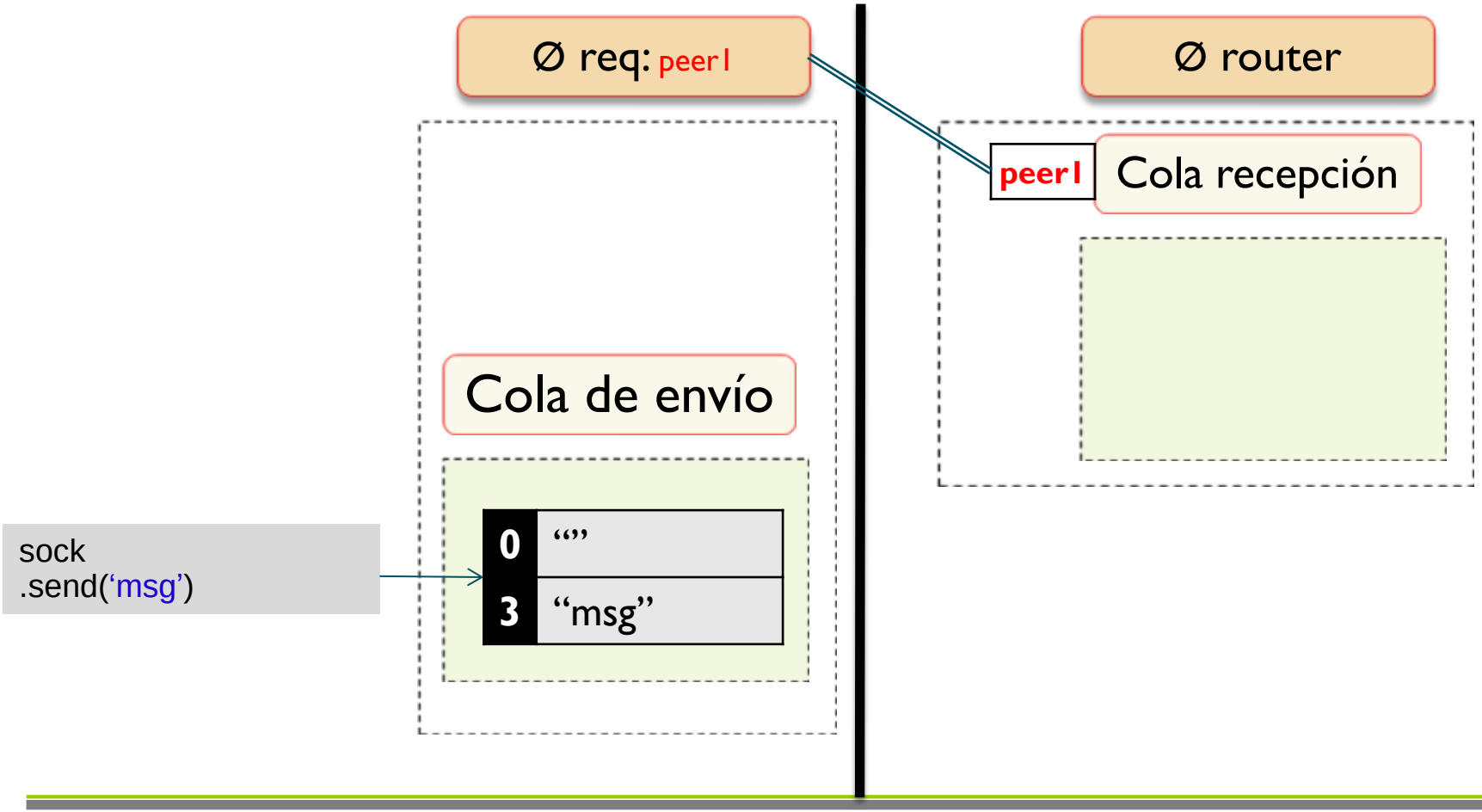
4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- El agente req conecta con el router
  - El router obtiene su identidad, lo almacena y le asocia colas de envío y recepción



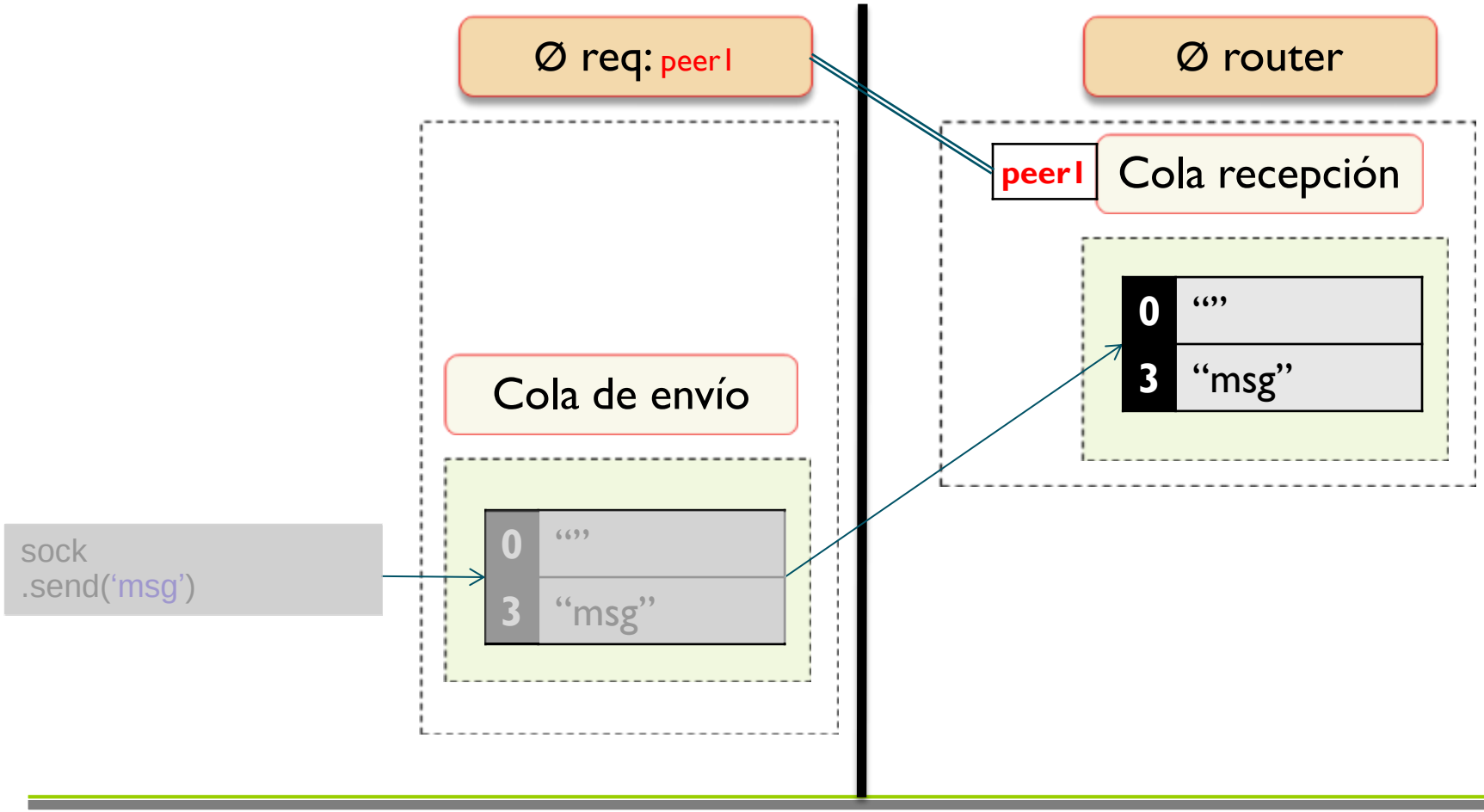
4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- La aplicación req envía un mensaje
  - El socket req añade el delimitador...



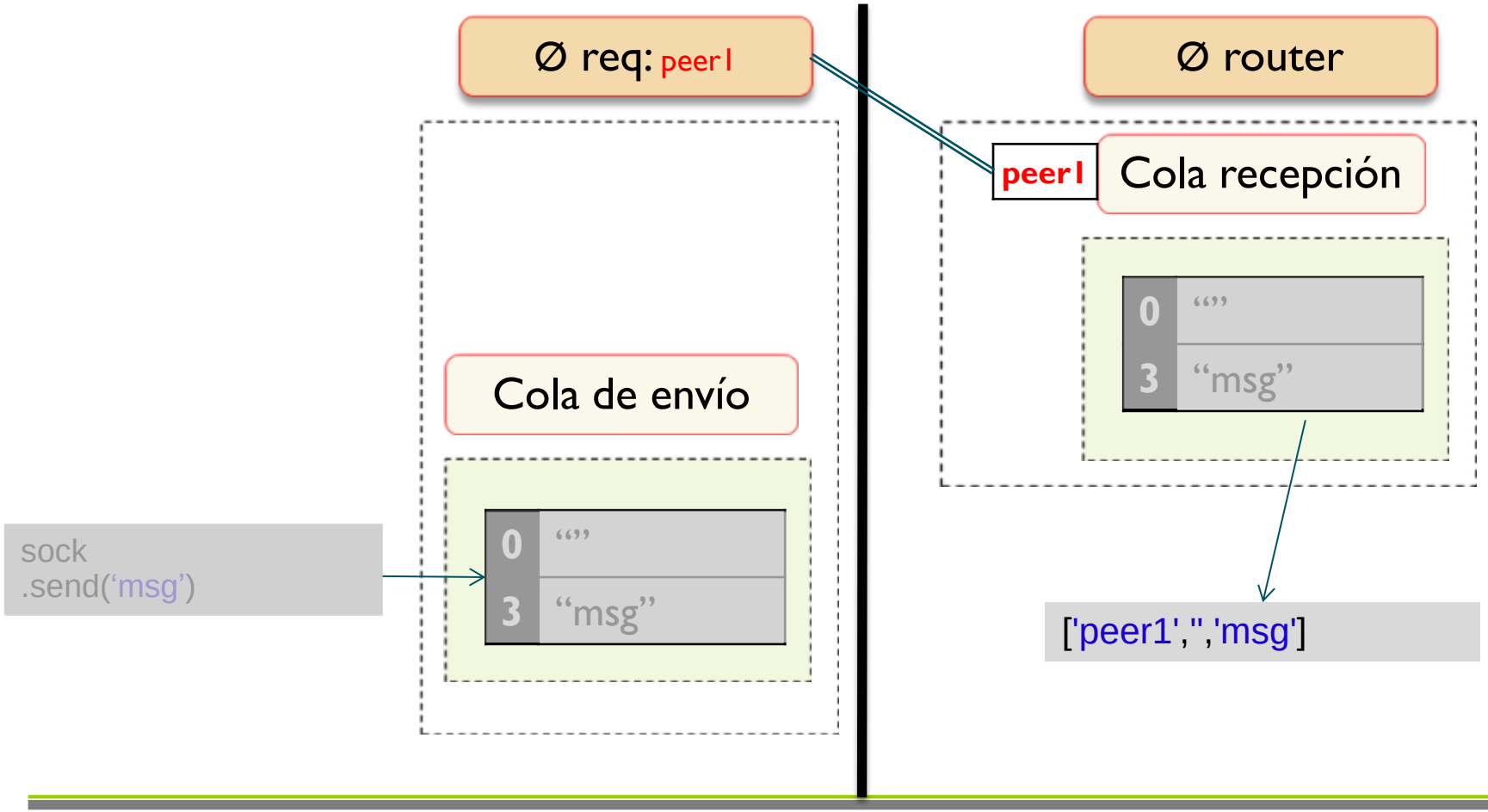
4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- La aplicación req envía un mensaje
  - El socket req añade el delimitador... y lo envía



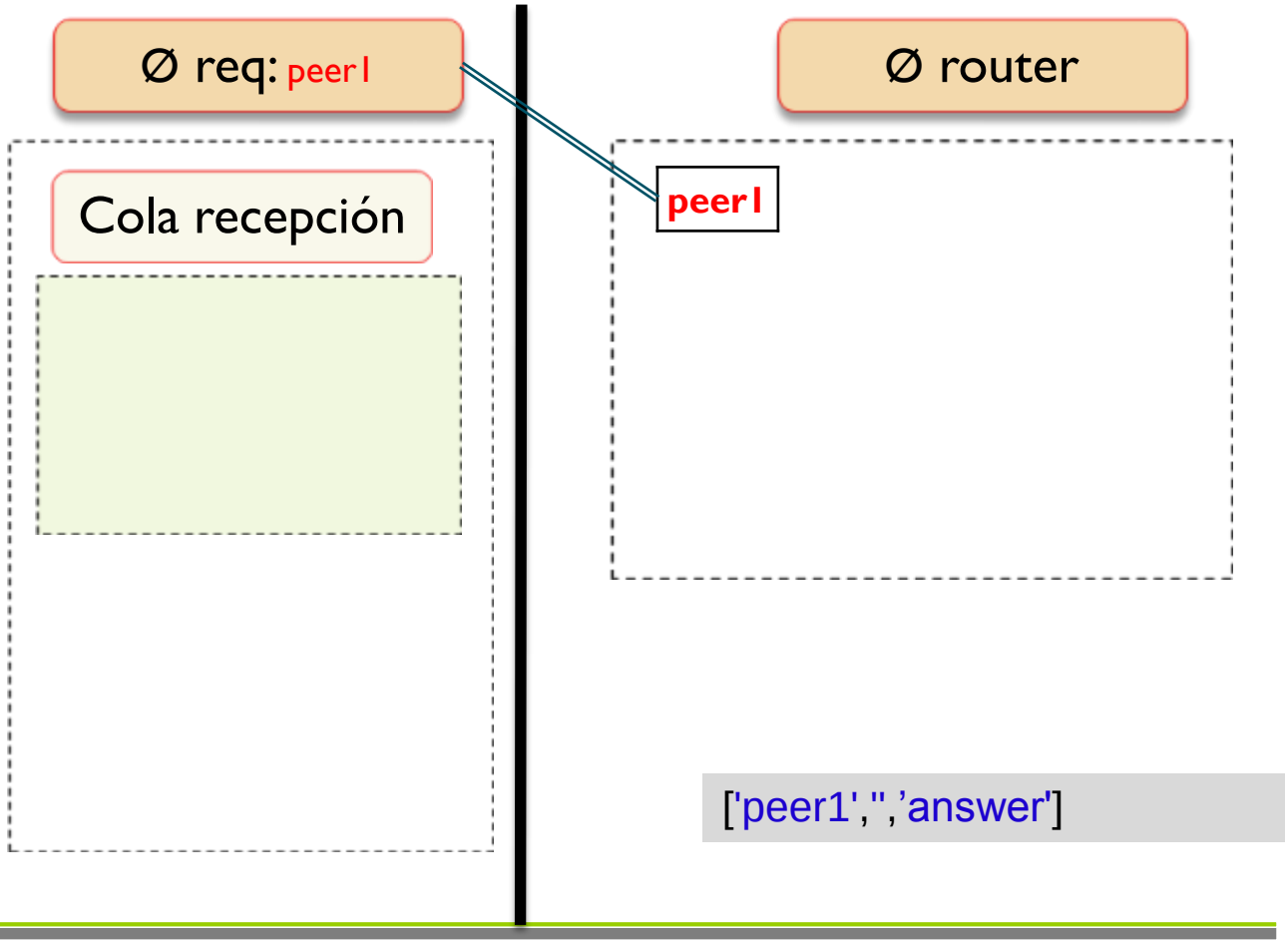
4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- El socket router entrega el mensaje a su aplicación
  - Con la identidad del emisor en un nuevo segmento inicial



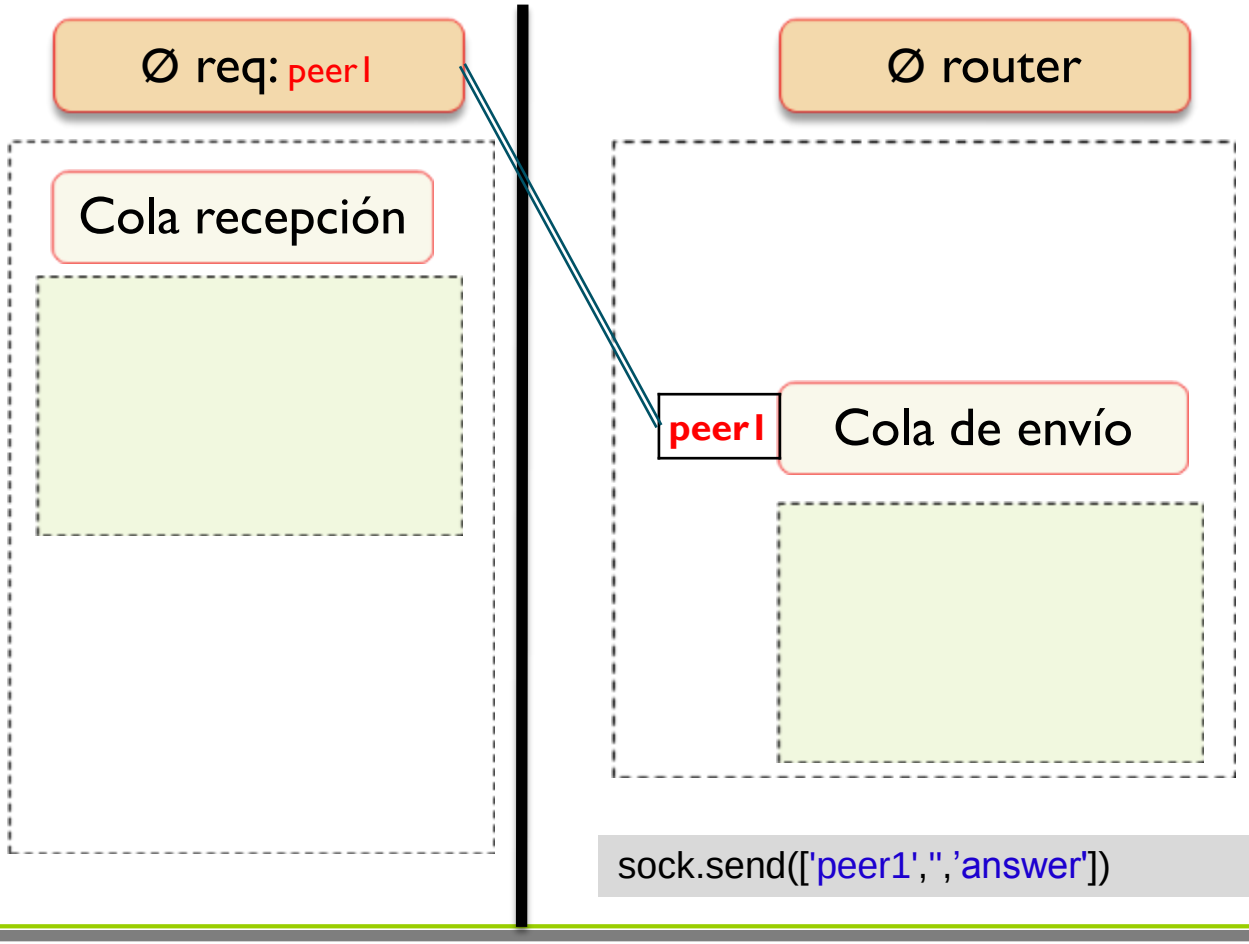
4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- La aplicación del router crea una respuesta, construyendo el mensaje de respuesta
  - El primer segmento contiene la identidad del agente que recibirá la contestación



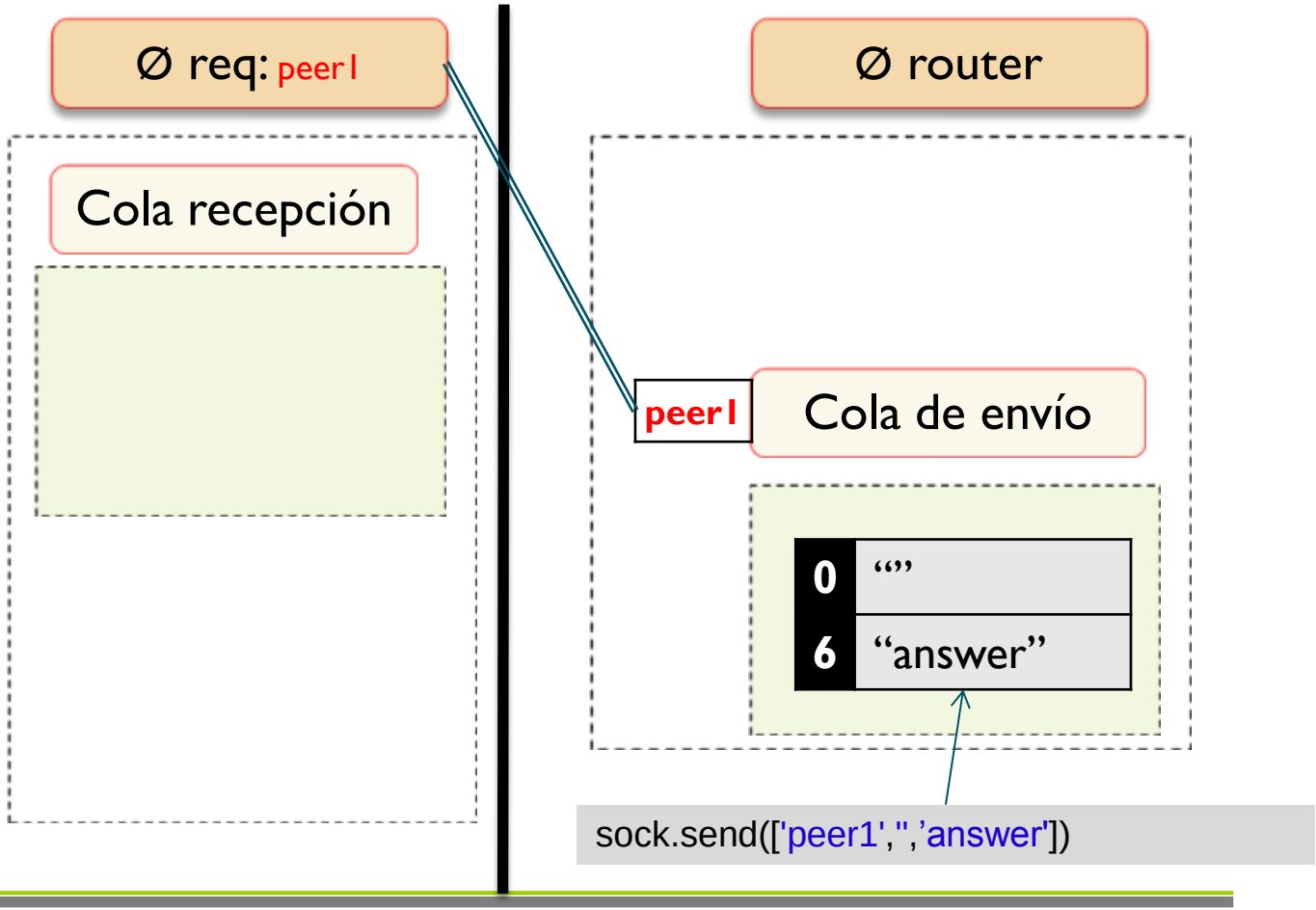
4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- La aplicación del router envía el mensaje
  - El socket router selecciona la cola de envío basándose en la identidad



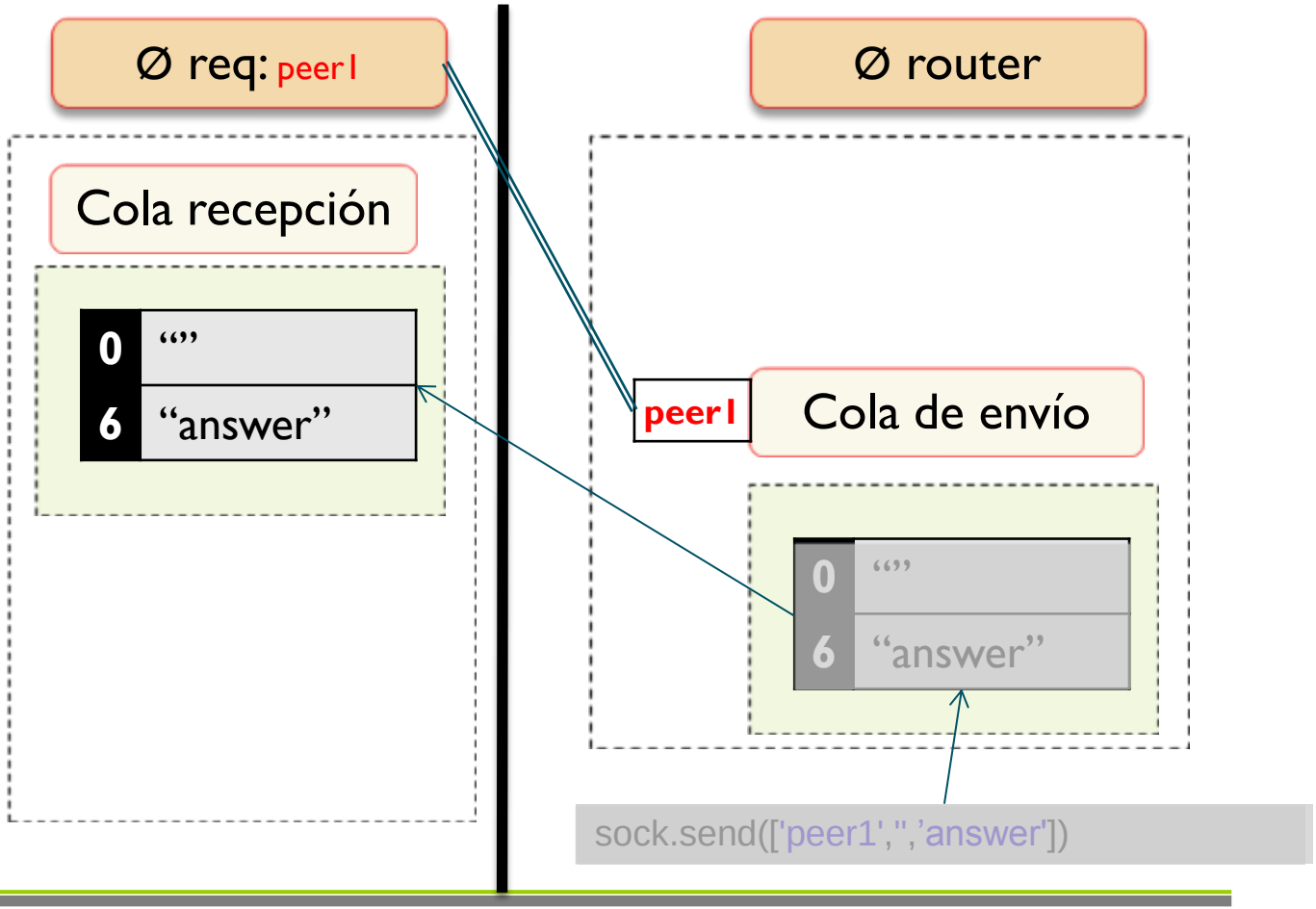
4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- El socket router quita el segmento con la identidad
  - Deja el resto del mensaje para enviar...



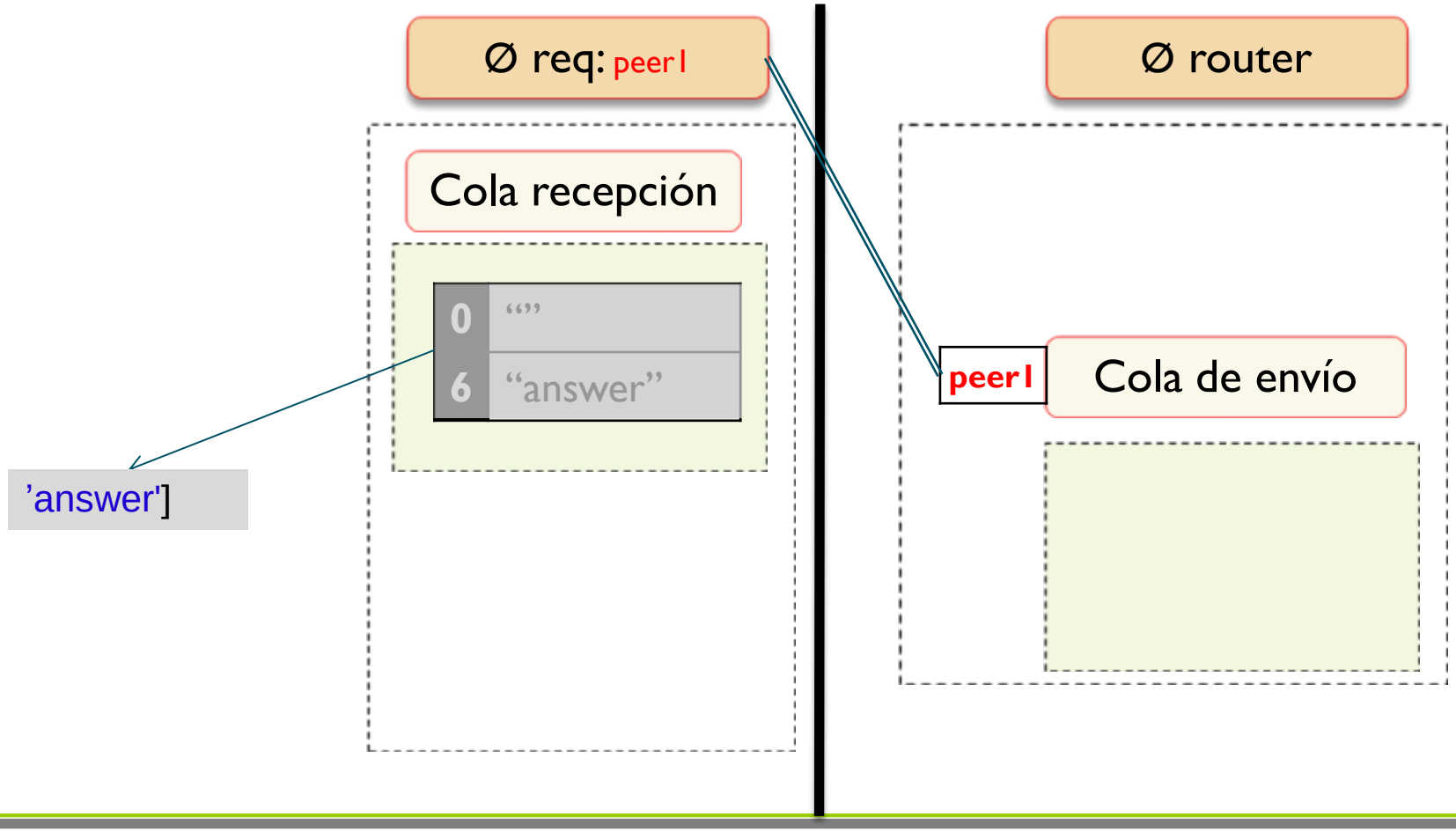
4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- El socket router quita el segmento con la identidad
  - Deja el resto del mensaje para enviar... y lo envía



4.2. Sockets router: ejemplo con agente req

- El socket req lo entrega a su aplicación
  - Eliminando el segmento delimitador



Índice

5. Resultados de aprendizaje

- Al finalizar este seminario, el alumno debería ser capaz de:
  - Entender cómo 0MQ opera internamente
  - Escribir aplicaciones usando el mapeo de 0MQ para Node.js con tipos básicos de socket
  - Ser capaz de usar los tipos avanzados de socket para implantar patrones adicionales de conexión

Índice

6. Bibliografía

- http://zguide.zeromq.org/page:all
  - Permite lectura on-line
  - Existe una versión en PDF
  - El sitio web mantiene información adicional