Dpto. Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur

ELEMENTOS DE BASES DE DATOS

Segundo Cuatrimestre 2015

Clase 21:

Sistemas de Manejo de Bases de Datos Distribuidos

Mg. María Mercedes Vitturini
[mvitturi@uns.edu.ar]

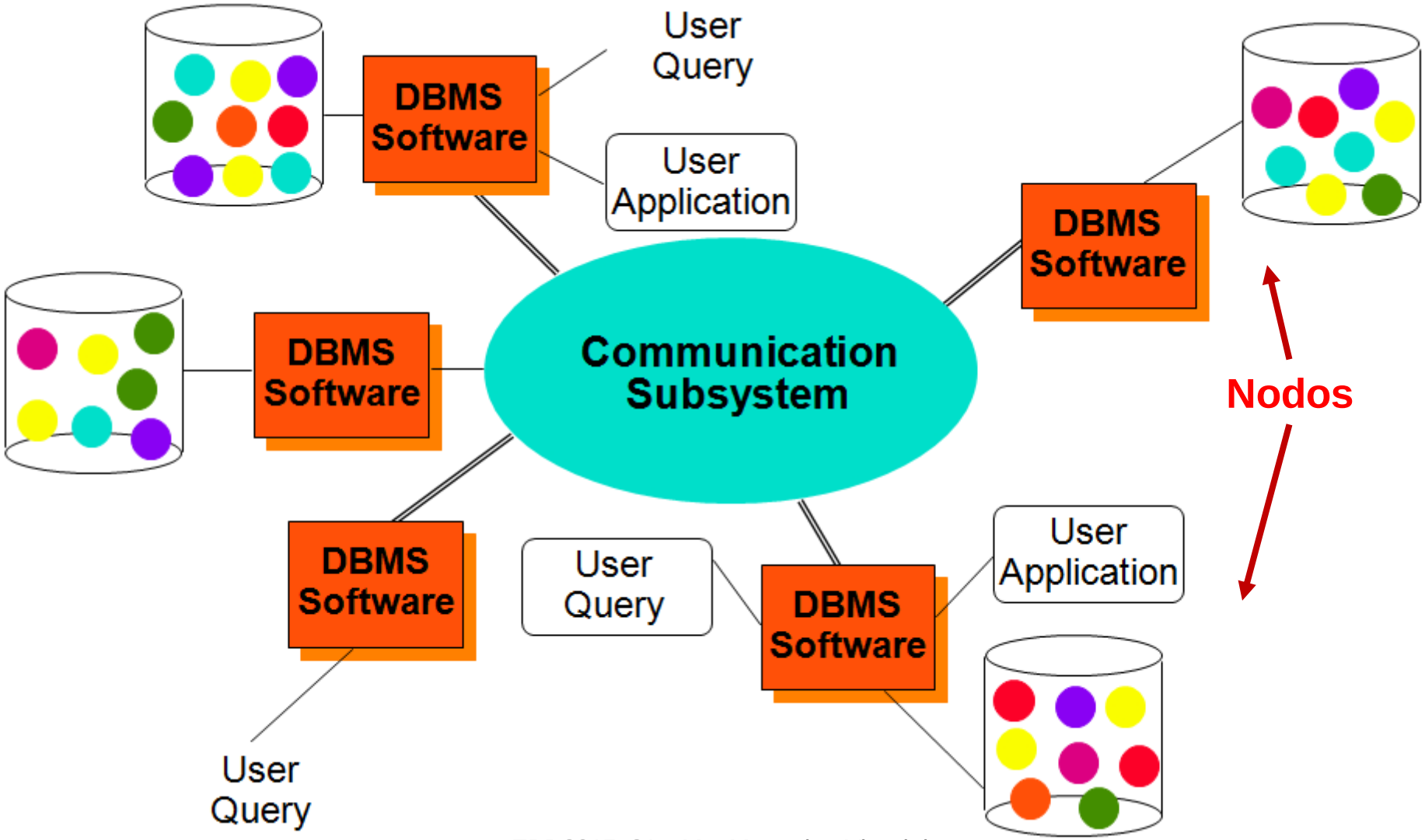
DBMS Distribuidos

En un *sistema de manejo de base de datos distribuido* (*SMBDD o DDBMS*) **la base de datos se almacena en diversas computadoras, denominados sitios o nodos, comunicados entre si.**

Características

- Los nodos están en equipos que no comparten memoria ni disco y se conectan por la red.
- Los nodos generalmente se ubican geográficamente separados.
- Las computadoras pueden variar en tamaño y función.
- Las transacciones pueden acceder a datos que está físicamente en sitios distintos.

DBMS Distribuidos



Bases de Datos Distribuidas

- Bases de datos distribuidas **homogéneas**:
  - El mismo software/esquema en todos los sitios, los datos son particionados/replicados entre los sitios.
  - Objetivo: proveer la vista de una sola base de datos ocultando detalles de distribución.

- Bases de datos distribuidas **heterogéneas**:
  - Diferentes software/esquema en los sitios.
  - Objetivo: integrar distintas bases de datos para proveer una función útil.

DDBMS: SMBD Distribuidos Homogéneos

- **El modelo de datos**: modelo homogéneo, replicación, fragmentación y replicación + fragmentación.
- **Transparencia:**
  - De nombrado y ubicación, implementaciones
  - Dato Físico y Dato Lógico
  - Gestión de bloqueos en DDBMS

Sistemas Distribuidos Homogéneos

Características

- Cada sitio conoce la existencia de los otros.
- Tanto el software de base de datos es compartido como el modelo de datos es igual para todos los sitios.
- Cada sitio provee un entorno para ejecutar tanto transacciones locales como globales.

TRANSACCIONES LOCALES Y TRANSACCIONES GLOBALES

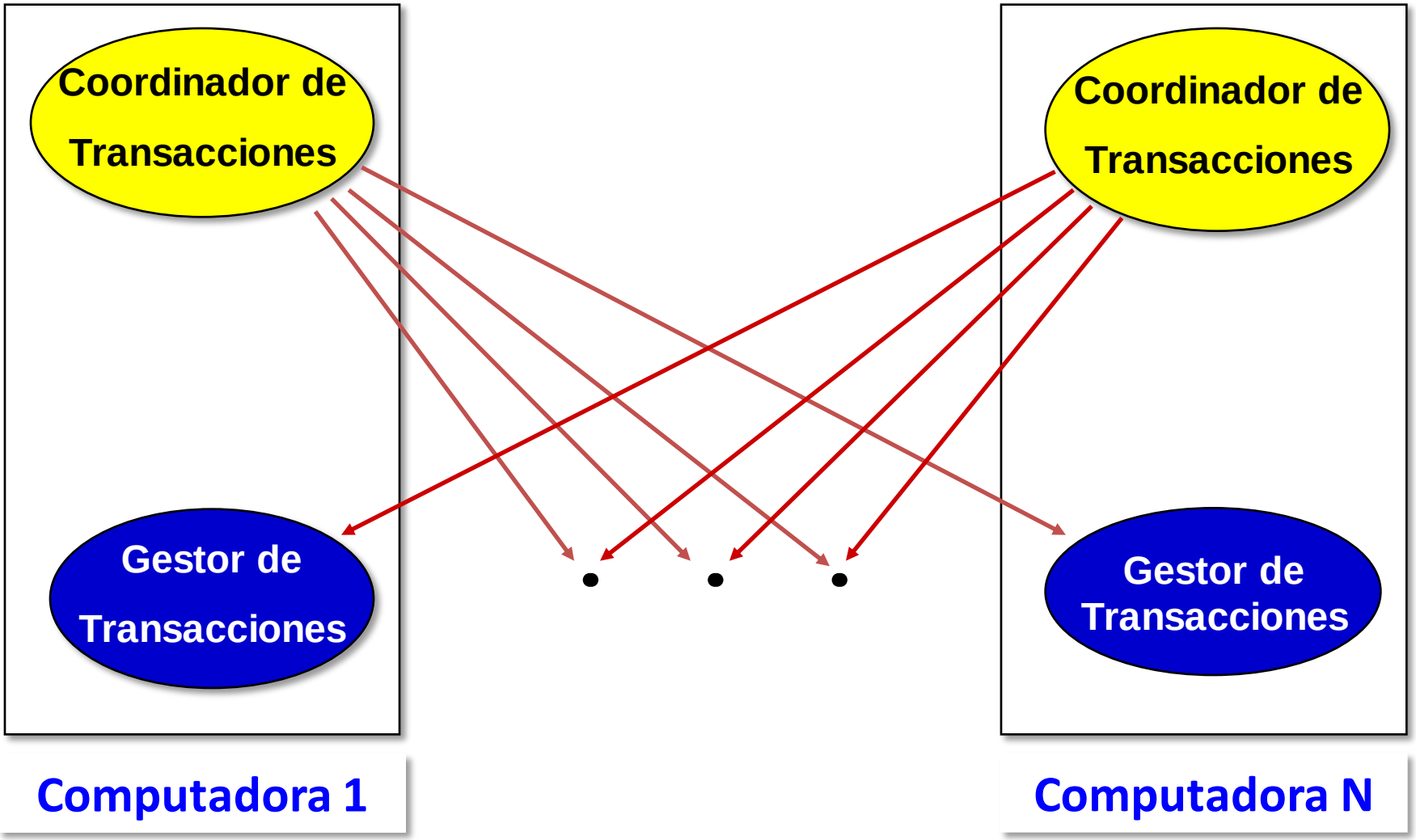
- **Una transacción local** accede a datos de un único sitio donde se inició la transacción.
- **Una transacción global** accede tanto a datos del sitio donde se originó como a datos de varios sitios diferentes.

Modelo de Transacciones Distribuido

Cada sitio cuenta con dos subsistemas:

- **El gestor de transacciones**: gestiona la ejecución de aquellas transacciones (o subtransacciones) que acceden a los datos almacenados en el sitio local.
  - Mantener la bitácora.
  - Participar en el esquema de control de concurrencia del sitio local.
- **El coordinador de transacciones**: encargado de la ejecución de las transacciones (locales y globales) iniciadas en el sitio local.
  - Iniciar las transacciones.
  - Dividir las transacciones en subtransacciones.
  - Coordinar la ejecución de subtransacciones en los distintos sitios.

Modelo Transaccional Distribuido Homogéneo



¿Qué vamos a estudiar?

- Vamos a analizar los siguientes tópicos en relación a **Sistemas de Manejo de Bases Datos Distribuidos Homogéneos:**
  - Cómo almacenan la información y acceden a la información.
  - Cuestiones de transparencia de red y denominación de los ítems de datos.
  - Procesamiento y concurrencia de transacciones distribuidas.
  - Tratamiento de fallos y deadlocks.

Almacenamiento de Datos Distribuidos

Replicación – el sistema mantiene varias copias (réplicas) idénticas de una relación *r*. Cada réplica se almacena en un sitio diferente. Mejoras

- Tiempo de respuesta y tolerancia a fallos.

Fragmentación – una relación *r* se particiona en varios fragmentos almacenados en sitios diferentes.

Replicación y Fragmentación – una relación *r* es particionada en varios fragmentos y el sistema mantiene varias copias idénticas de los fragmentos.

Replicación de Datos

- Se dice que **una relación o fragmento de una relación está replicado** si se almacena replicado en dos o más nodos un sistema de bases de datos distribuida:
  - *Replicación total de una relación* en el caso en que la relación se copia en todos los sitios.
  - *Replicación total de la base de datos* cuando todos los sitios tienen una copia completa de toda la base.
  - En otros casos se habla de replicación parcial.

Replicación de Datos – Ventajas

+ **Disponibilidad**: si uno de los sitios que contiene a la relación *r* falla, entonces se la puede buscar en otro sitio.
+ **Incremento del paralelismo**: en casos de mayoría de accesos de lectura, los sitios procesando consultas sobre *r* se ejecutan en simultáneo.
+ **Reduce el tiempo de transferencia**: la relación *r* está localmente disponible en cada sitio que contiene una copia de r.

Replicación de Datos – Desventajas

- **Incremento del overhead en actualizaciones:** el sistema debe asegurar que **TODAS** las réplicas de la relación *r* sean consistentes. Cada actualización sobre la relación *r* debe ser propagada a los sitios conteniendo las respectivas réplicas.
- **Incremento en la complejidad del control de concurrencia**: la actualización concurrente de copias distintas puede llevar a datos inconsistentes. Se deben implementar un mecanismo de control de concurrencia distribuidos.

Fragmentación de los datos

Fragmentación – Divide una relación *r* en *fragmentos* $fr_1, fr_2, \ldots, fr_n$. Los fragmentos contienen información suficiente como para reconstruir la relación original *r*.

Tipos de fragmentación:

- **Fragmentación Horizontal** (por filas): separa a una relación *r* dividiendo las tuplas en subconjuntos.
- **Fragmentación Vertical** (por columnas): separa a una relación *r* a través de descomposiciones en subesquemas.
- **Combinada:** separa a una relación *r* horizontal y verticalmente.

Fragmentación Horizontal

Apellido	Nombres	Registro	Domicilio	Código-Carrera
Andrade	Luis	44455	Casanova 654	128
García	Federico	35689	Alem 1233	50
García	Federico	25689	Alem 1233	128
López	Ernesto	56661	San Juan 20	50
Lucceti	Marcos	52256	Córdoba 456	128
Ramírez	José	52231	Salta 102	50
Reyes	Francisco	42467	12 de Octubre 980	128
Sánchez	Andrés	48995	Paraguay 20	50

$r = r1 \cup r2$

r

r1

Apellido	Nombres	Registro	Domicilio	Código-Carrera
Andrade	Luis	44455	Casanova 654	128
García	Federico	35689	Alem 1233	50
García	Federico	25689	Alem 1233	128
López	Ernesto	56661	San Juan 20	50

Apellido	Nombres	Registro	Domicilio	Código-Carrera
Lucceti	Marcos	52256	Córdoba 456	128
Ramírez	José	52231	Salta 102	50
Reyes	Francisco	42467	12 de Octubre 980	128
Sánchez	Andrés	48995	Paraguay 20	50

r2

Fragmentación Vertical

r

Id-Tupla	Apellido	Nombres	Registro	Domicilio	Código-Carrera
1	Andrade	Luis	44455	Casanova 654	128
2	García	Federico	35689	Alem 1233	50
3	García	Federico	25689	Alem 1233	128
4	López	Ernesto	56661	San Juan 20	50
5	Lucceti	Marcos	52256	Córdoba 456	128
6	Ramírez	José	52231	Salta 102	50
7	Reyes	Francisco	42467	12 de Octubre 980	128
8	Sánchez	Andrés	48995	Paraguay 20	50

$r = r1 \mid\!><\!\mid r2$

Id-Tupla	Apellido	Nombres	Registro
1	Andrade	Luis	44455
2	García	Federico	35689
3	García	Federico	25689
4	López	Ernesto	56661
5	Lucceti	Marcos	52256
6	Ramírez	José	52231
7	Reyes	Francisco	42467
8	Sánchez	Andrés	48995

r1

Id-Tupla	Domicilio	Código-Carrera
1	Casanova 654	128
2	Alem 1233	50
3	Alem 1233	128
4	San Juan 20	50
5	Córdoba 456	128
6	Salta 102	50
7	12 de Octubre 980	128
8	Paraguay 20	50

r2

Fragmentación – Ventajas

Fragmentación horizontal:

- Permite procesamiento paralelo sobre fragmentos de una relación.
- Permite que una relación se distribuya de forma que cada tupla se ubique donde más frecuentemente se utiliza.

Fragmentación vertical:

- Permite que una relación se distribuya de forma que *cada parte de la tupla* se ubique donde más frecuentemente se utiliza.
- Permite procesamiento paralelo sobre una relación.

Transparencia

Transparencia – se refiere a cuánto un usuario del sistema puede abstraerse de detalles sobre *cómo* y *dónde* se almacena un ítem de datos en un sistema distribuido.

- Transparencia en relación a:
  - Transparencia de fragmentación.
  - Transparencia de replicación.
  - Transparencia de ubicación.

Nombrado de Ítems de datos

Principios

1. **Todo ítem de dato debe tener un nombre** único en el sistema distribuido.
2. Debería ser posible **encontrar la ubicación de un ítem de dato en forma eficiente**.
3. Debería ser posible **cambiar la ubicación de un ítem de dato en forma transparente**.
4. **Cada nodo debería ser capaz de crear nuevos ítems** de dato en forma autónoma.

#1 - Servidor de Nombres

Servidor de nombres – Esquema centralizado

- Genera todos los nombres.
- Los sitios consultan al servidor de nombres por la ubicación de los datos no locales.

- **Ventaja:** Cumple con los principios1-3.
- **Desventajas:**
  - El servidor de nombres es el cuello de botella (y afecta a la *performance*).
  - Si se cae el servidor de nombres, ningún otro sitio puede continuar.
  - No cumple con el principio 4.

#2 Esquema para nombrado de datos

Alternativa al esquema centralizado:

- Cada sitio agrega como **prefijo** a los nombres que crea su nombre de su sitio. Ejemplo: *nodo1.cuentas*
- **Desventaja:**
  - Falla al principio de transparencia.
- **Solución***:* crear nombres alternativos o *alias* y almacenar el mapeo entre alias y nombre real en todos los sitios.
  - Los usuarios denominan a los datos por su *alias* y el sistema los traduce a los nombres completos.
  - El usuario no necesita conocer la ubicación física de los datos.

Nombrado de fragmentos y réplicas

- Similarmente se pueden usar técnicas similares para nombrar fragmentos y réplicas y sus alias.
  - Ejemplo: **nodo1.cuentas.f3.r2** para referirse a la segunda réplica del tercer fragmento de la relación cuentas que se aloja en el nodo 1.
- (-) No es deseable que el usuario pueda referirse a un/una fragmento/réplica particular.
- El sistema es el que debe determinar qué copia referenciar en caso de un *read* y actualizar todas las réplicas en caso de un *write*.

Transparencia y actualizaciones

- Proveer transparencia con actualización es complejo. Hay que asegurar que todas las réplicas y fragmentos de un ítem de dato se actualicen.
  - Si se actualiza un ítem de datos fragmentado, debe determinarse que fragmento/s debe/n modificarse, dependiendo si se utiliza fragmentación horizontal, vertical o combinada.
  - Si se actualiza un ítem de datos replicado, debe actualizarse cada una de las réplicas.

Datos Lógicos y Datos Físicos

- En SMBDD existen dos niveles de datos:

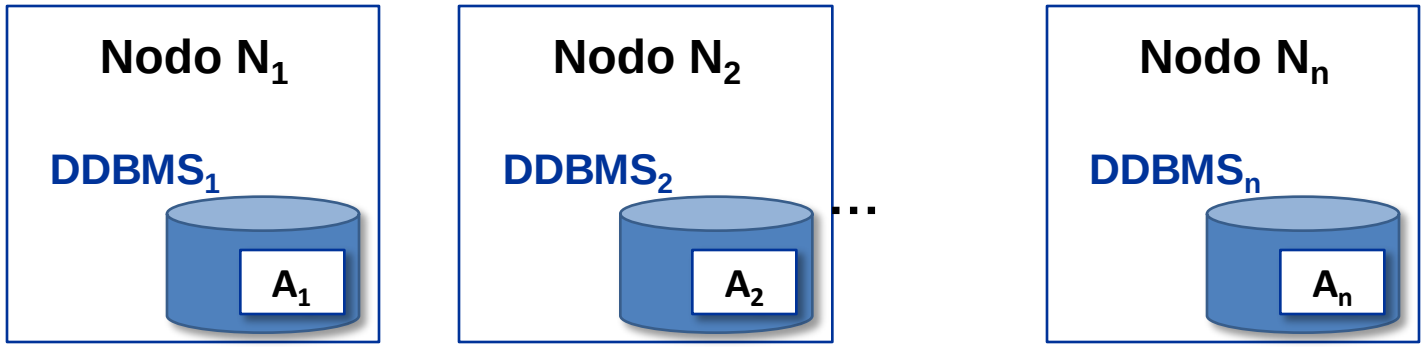
DATO LÓGICO Y DATOS FÍSICOS

- Si para un dato **A** existe una única copia, *el dato lógico y el dato físico son iguales.*
- Si un dato **A** (dato lógico) tiene ***n* copias $A_1,\ldots,A_n$** (datos físicos), entonces las transacciones solicitando un ítem **A** deben enviar mensajes de requerimientos de bloqueo a los sitios donde reside la copia.
- El **gestor de bloqueos** de cada sitio puede conceder o negar el bloqueo, enviando el mensaje respectivo.
- El criterio de compatibilidad entre bloqueos es igual que en sistemas centralizados.

Datos Lógicos y Datos Físicos

- En DDBMS ó SMBDD se identifican los conceptos *"dato"*

DATO LÓGICO Y **DATO FÍSICO**



A es el dato lógico **A_i es el dato físico**

- Si de un dato existe una única copia ⇒ dato lógico ≡ dato físico.
- En entornos distribuidos homogéneos con replicación la gestión de bloqueos debe realizarse a nivel de dato lógico.
- El criterio de compatibilidad entre bloqueos es la misma.

Gestor de Bloqueos Distribuido

- Entre los cambios a incorporar en el SMDBD está *cómo debe operar el Gestor de Bloqueos del SMDBD y si existen múltiples copias de los datos*, de forma tal que:
  - *Múltiples transacciones* puedan obtener un **lock compartido sobre A**, pero *una única transacción* por vez puede obtener un **lock exclusivo sobre A**.
  - Además, en caso de actualización, asegurar hay que *todas las copias de un ítem de datos* se pueden **actualizar** y así permanecer iguales.

Gestión de Bloques en DDBMS

- Algunas alternativas para implementar la traducción entre "lock de dato lógico" en "locks de datos físicos " en entornos distribuidos con réplicas:
  - Usar un esquema de gestión de bloqueos centralizado.
    - Nodo Central
  - Usar un esquema de gestión de bloqueos distribuida
    - ROWA
    - Mayoría
    - K de n
  - Otras propuestas híbridas
    - Sitio primario (o copia primaria)
    - Token primario

Gestión de Bloques en DDBMS

- La comunicación entre los sitios o nodos se realiza por medio de *mensajes*.
- La cantidad de mensajes a transmitir "condiciona" la performance general del sistema. Se distinguen:
  - **Mensajes de Control**: que indican requerimientos o concesión de bloqueos, estados de cometido o de aborto, estados de deadlock, etc.
  - **Mensajes de Datos:** que contienen datos puros, leídos de o a ser escritos en la base de datos.
- Bajo ciertas condiciones los mensajes de control cuestan lo mismo que los de datos, pero en general los mensajes de datos son más caros.

Gestor de Bloqueos Centralizado: Nodo Central

- El DDBMS define como *gestor de bloqueos a un sitio S.*
- Si una transacción en un sitio S_i necesita bloquear un ítem de dato Q, envía el requerimiento a *S,* que determina si se puede conceder:
  - Si es compatible, *S* envía el mensaje al sitio S_i que lo solicitó.
  - Sino, el S_i quedará demorado hasta que se le pueda asignar el bloqueo.

Ventajas ☺ :

- Implementación simple y control de deadlock distribuido simple.

Desventajas ☹:

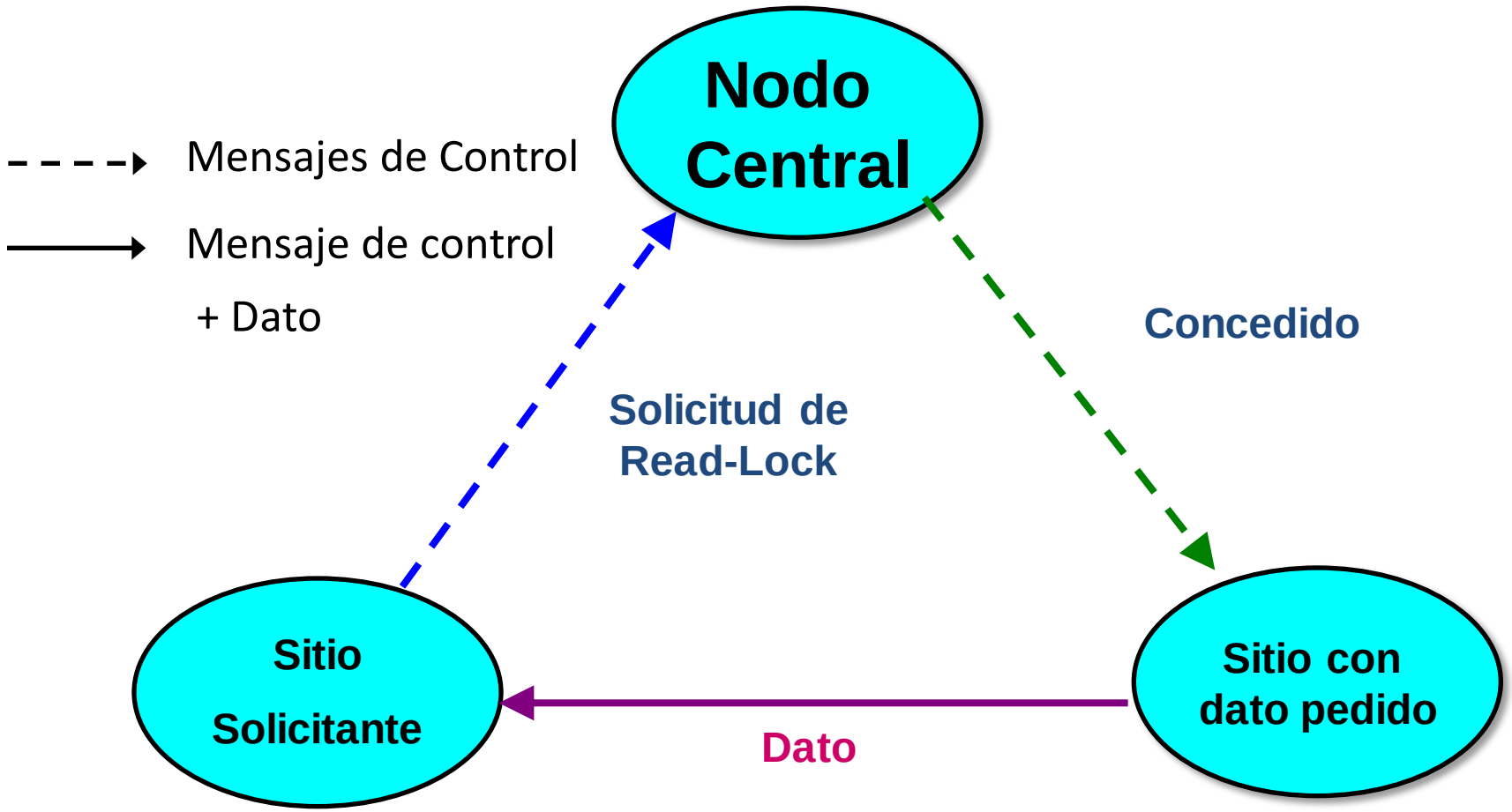
- *S* es el "lock manager" se transforma en cuello de botella y el DDBMS es vulnerable al fallo del sitio *S.*

Mensajes con Nodo Central

Para obtener un **read-lock:**

- S_i envia un mensaje requiriendo un *read-lock* al nodo central S.
- Si el *bloqueo no es concedido*, S_i se queda esperando.
- Si el *bloqueo es concedido*, el nodo central S envía un mensaje a un sitio S_k que tiene una copia del ítem de dato.
- Luego, el sitio S_k envía un mensaje con el valor del dato al sitio que hizo el requerimiento.

Lock-S con Nodo Central

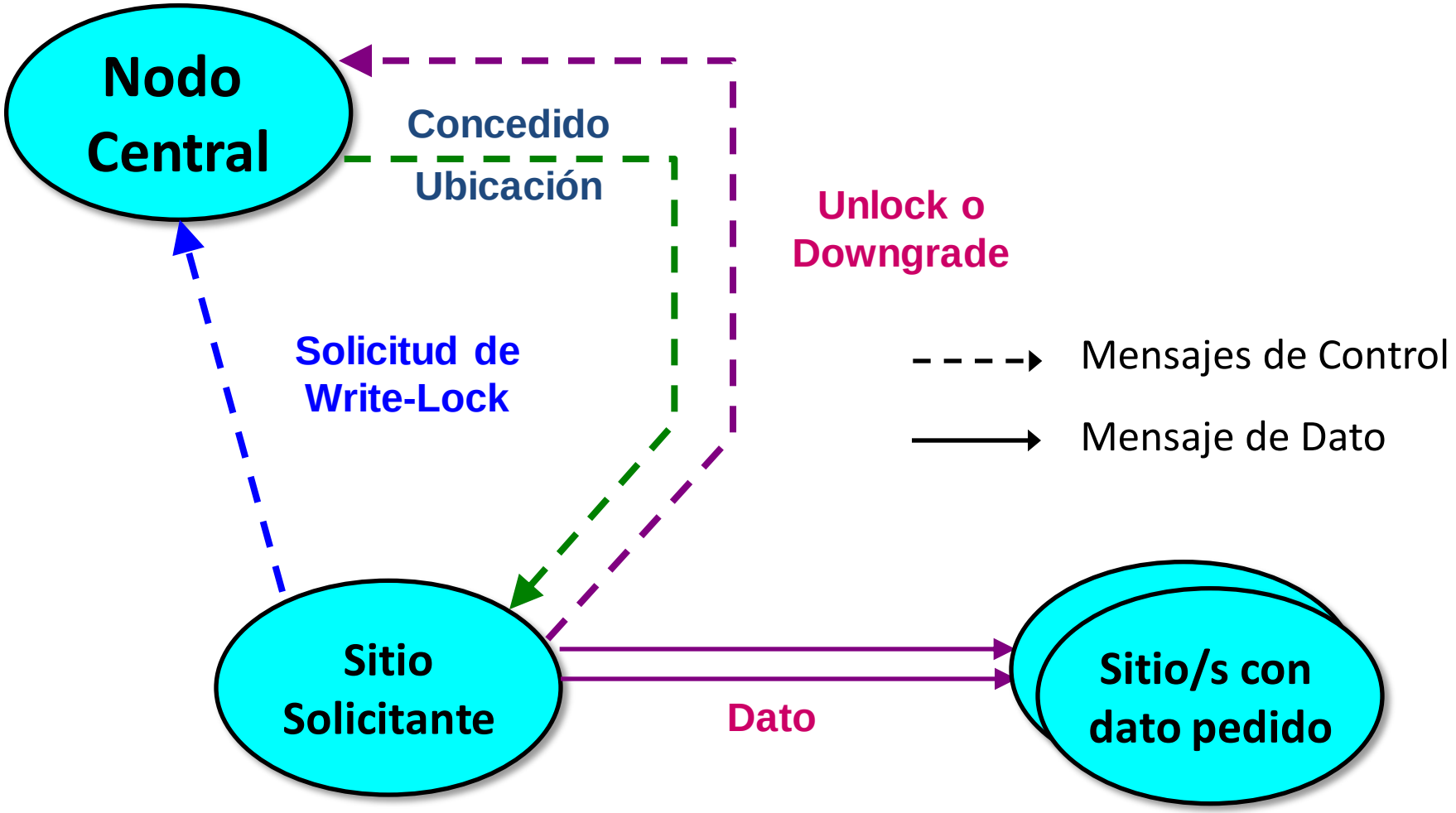


Método de Nodo Central

Para obtener un **write-lock:**

- El sitio S_i que necesita actualizar un dato envía un mensaje requiriendo un *write-lock* al nodo central.
- Si *el bloqueo no es concedido*, el sitio S_i se queda esperando.
- Si *el bloqueo es concedido*, el nodo central le contesta con un mensaje notificando el/los sitio/s que tiene/n copia del ítem de dato. Luego, el/los sitio/s con la copia del ítem de dato reciben el nuevo valor a escribir.
- S_i envia un mensaje adicional liberando el bloqueo de escritura una vez que el dato fue actualizado.

Lock-X con Nodo Central



Método de Nodo Central

Análisis del método Nodo Central

- ☹ Se requieren de mensajes de control extra: al nodo central y al nodo donde reside la copia del dato.
- ☹ El nodo central es el cuello de botella de la performance de la red, la mayoría de los mensajes vienen de él o van hacia él.
- ☹ La falla del sitio que opera de nodo central torna inoperativo al sistema.
- ☺ Es sencillo de implementar y de detectar y manejar situaciones de *deadlock*.

Gestión de Bloqueos Híbrida: Sitio primario

- Define un sitio primario o "nodo copia primaria" para cada ítem de dato.
- Así, la responsabilidad en la administración de los bloqueos para un ítem lógico *A* se deja a cargo de un sitio particular, sin importar cuántas copias del mismo dato existan.
  - Ejemplo: sea una base de datos de un banco y los nodos de la red sucursales del banco, es natural considerar el sitio primario del ítem cuenta a la sucursal que creó y tiene esa cuenta.
- Si el sitio primario *S* del ítem *A* no es el nodo S_i donde se ejecuta la transacción, entonces S_i envía un requerimiento de bloqueo al gestor de *S* y se espera por su respuesta.

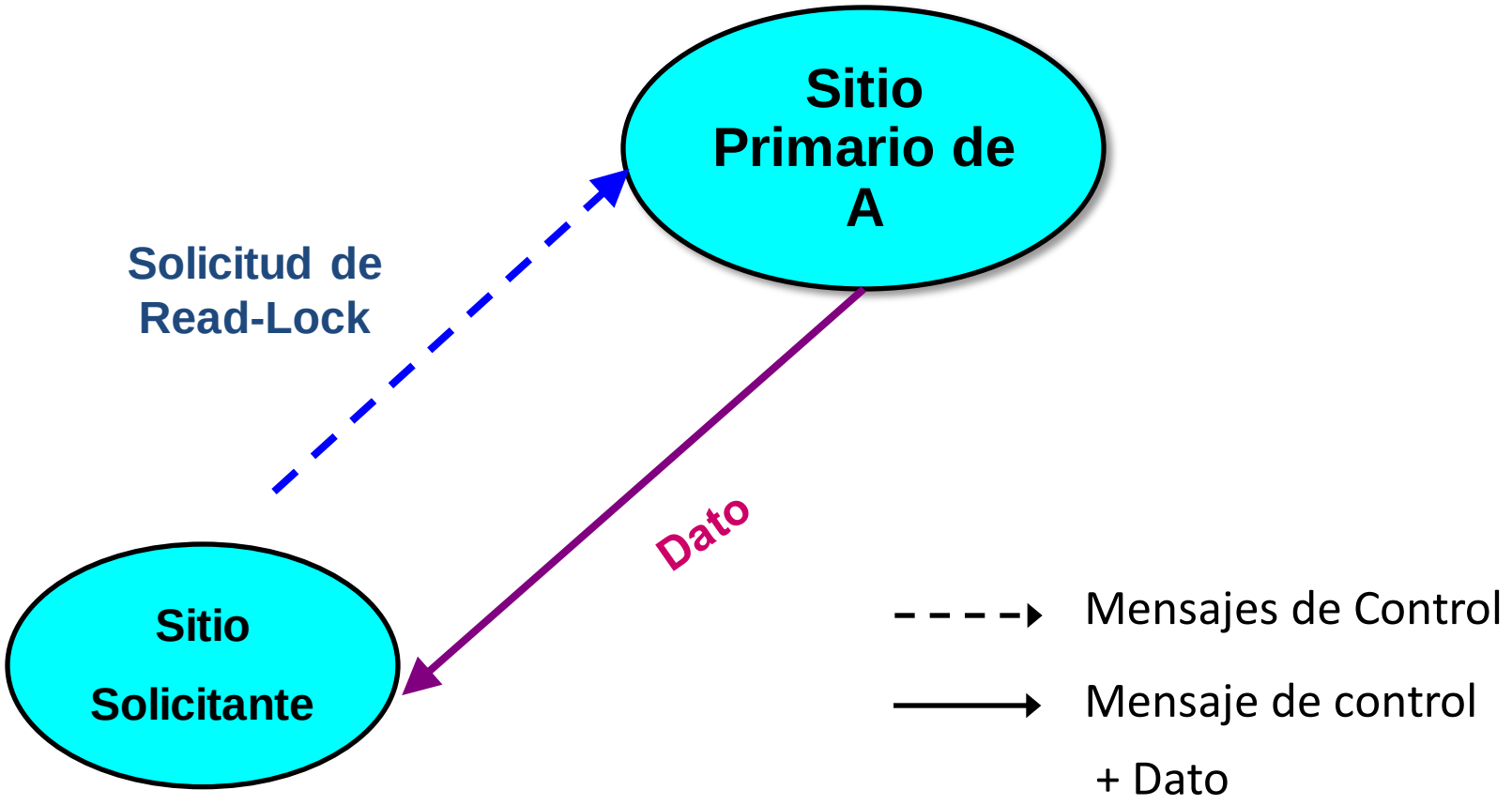
Sitio primario

Varios sitios comparten la responsabilidad de administrar bloqueos:

- La gestión de bloqueos distribuida se implementa colaborando entre varios gestores de bloqueos ubicados en distintos nodos.
- Cada gestor de bloqueos controla el acceso a datos de los que tiene una copia local.
- Se define un protocolos para actualizar todas las copias.

- ☺ Ventajas:
  - Distribuye el trabajo,
  - El sistema es más robusto ante fallos.

Lock-S con Sitio Primario



Gestión de Bloques en DDBMS

- Algunas alternativas para implementar la traducción entre “lock de dato lógico” en “locks de datos físicos ” en entornos distribuidos con réplicas:
  - **Utilizar un Gestor de Bloqueos Centralizado**.
    - Nodo Central ✓
  - **Utilizar Gestión de Bloqueos Distribuida.**
    - ROWA
    - Mayoría
    - K de n
  - **Otras propuestas híbridas**
    - Sitio primario (o copia primaria) ✓
    - Token primario

Gestión de bloqueos distribuida: Read-Locks-One / Write-Locks-All

- Para obtener un **read-lock** (*lock-s*) sobre un ítem de dato A, la transacción debe obtener un lock-S sobre *una de las copias* de A (dato físico).
- Para obtener un **write-lock** (*lock-x*) sobre un ítem de dato A, la transacción debe obtener el lock sobre *todas las copias* de A (dato físico).

Las reglas para conceder bloqueos son:

– Un *read-lock* se consigue sobre una copia si ninguna otra transacción tiene un write-lock sobre la copia.

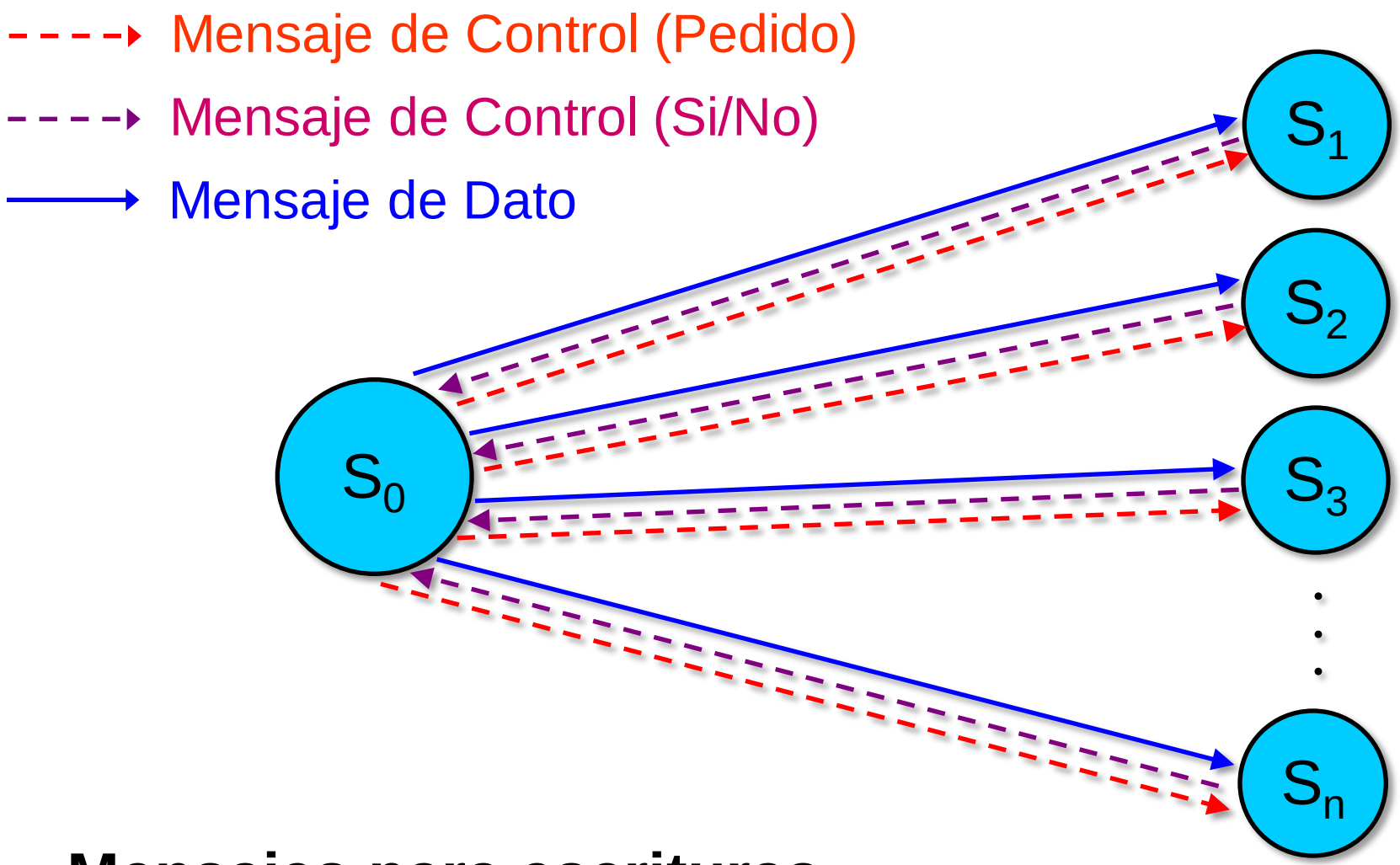
– Un *write-lock* es concedido sobre una copia si ninguna otra transacción tiene un read-lock o un write-lock sobre la copia.

ROWA - Análisis

Si existen ***n* copias de un dato A**.

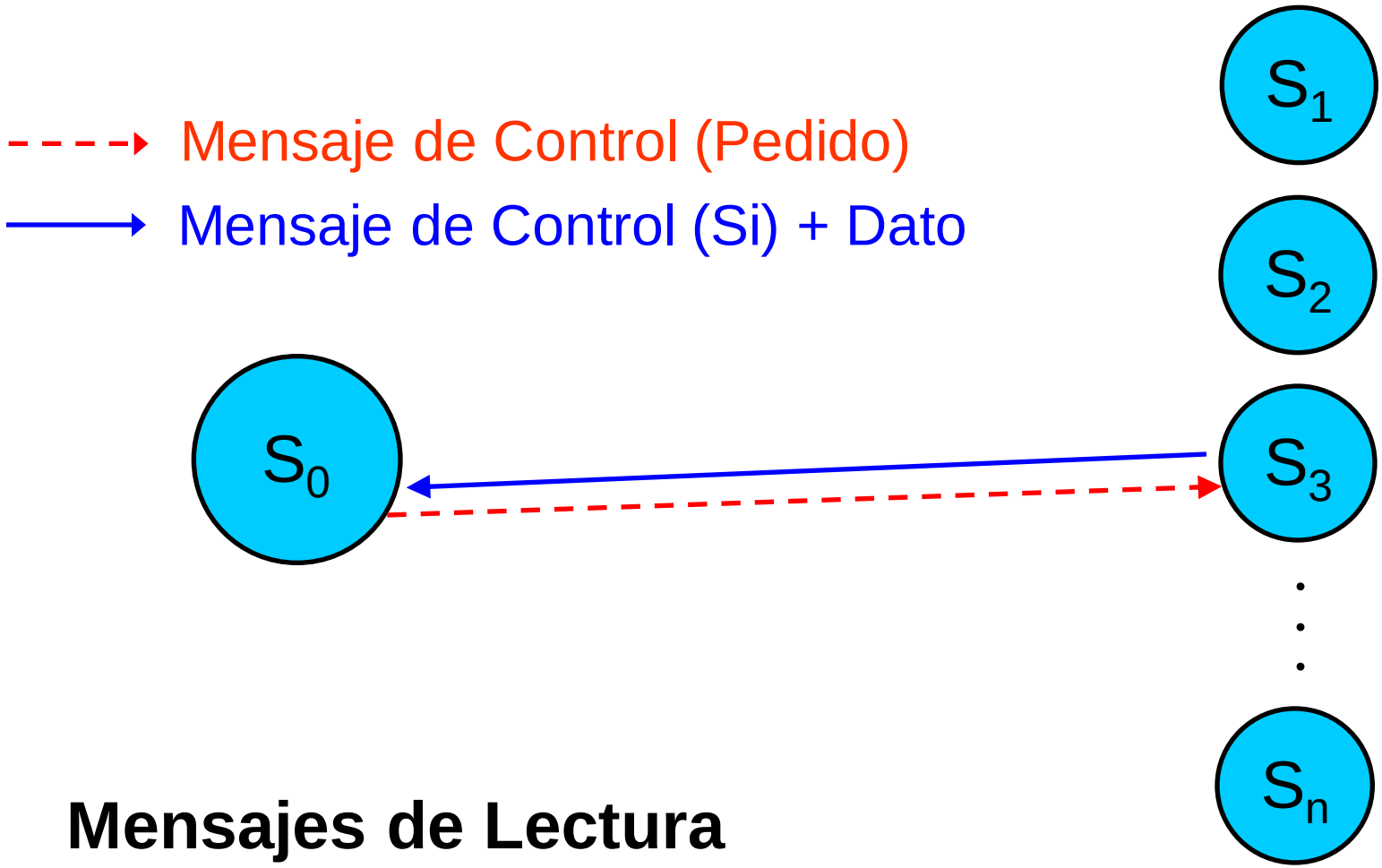
- Para obtener **read-lock sobre A**, se necesita conocer un sitio donde exista una copia de A para enviarle el requerimiento de bloqueo. Si se concede el bloqueo: 1 mensaje de control y 1 mensaje de datos. La concesión del bloqueo viene con el dato.
- Para obtener **write-lock sobre A**, se necesitan enviar *2n mensajes de control* (*n* para requerir el bloqueo y *n* de concesión del mismo) y *n* mensajes de datos.

ROWA: lock-X



Mensajes para escrituras

ROWA: lock-s

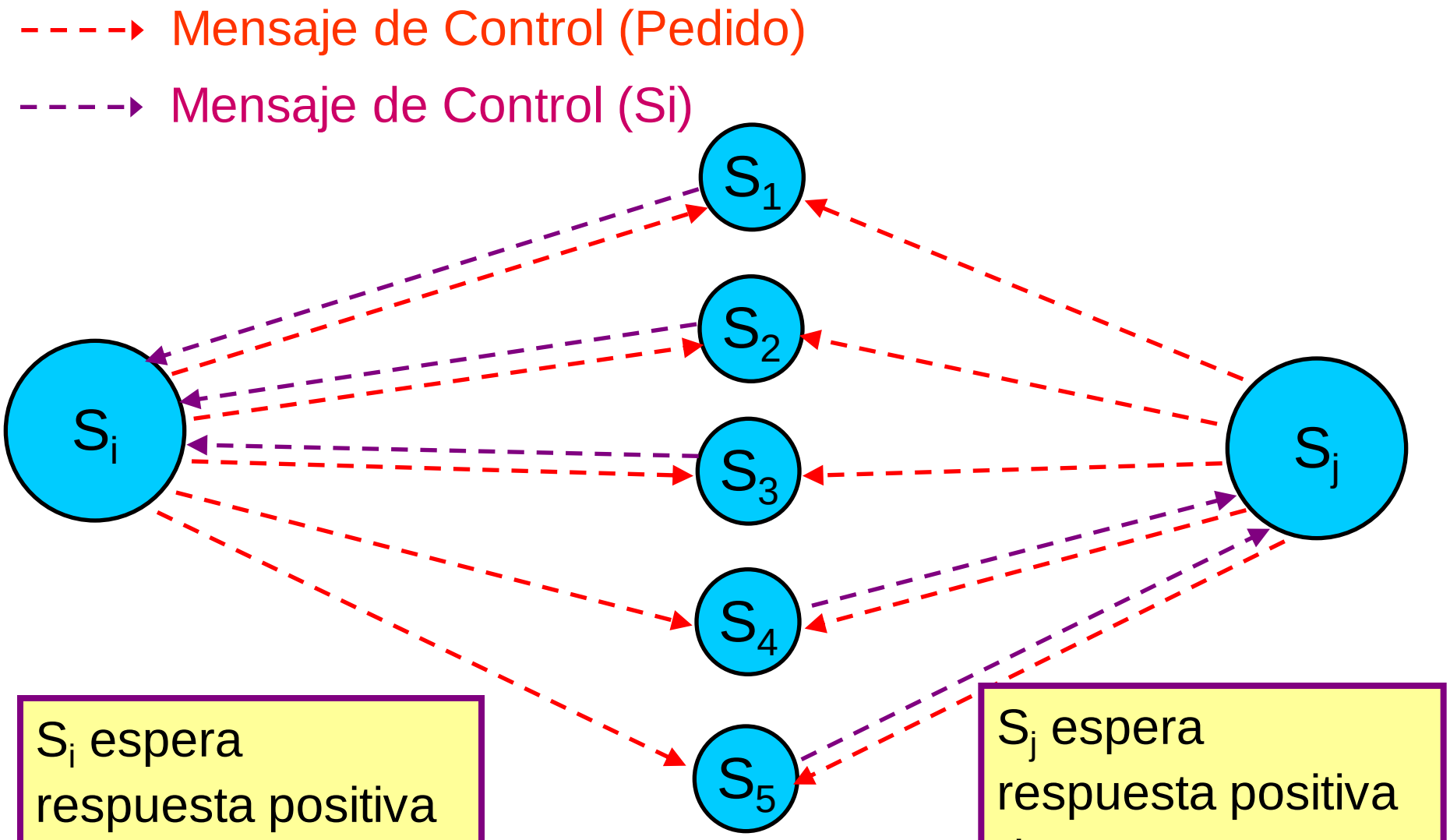


Mensajes de Lectura

ROWA

- ROWA se comporta apropiadamente en entornos donde predominan las lecturas.
  - Ejemplo: una guía telefónica on-line, donde los datos se actualizan en períodos fijos y las lecturas son en todo momento las operaciones predominantes.
- Si se solicita más de un pedido de escritura (lock-X) simultáneamente y el mismo no puede ser otorgado, si se decide esperar se puede entrar en *deadlock*.
- Cuando se solicita un pedido de lectura y el mismo no puede ser otorgado, en general se espera (lo más probable es que otro sitio esté escribiendo el dato).

Deadlocks en escrituras en ROWA



Majority Locking

- Para obtener un **read-lock sobre A**, una transacción debe obtener un read-lock sobre *la mayoría de las copias* de A.
- Para obtener un **write-lock sobre A**, una transacción debe obtener un write-lock sobre *la mayoría de las copias* de A.

Las reglas para conceder bloqueos son iguales al protocolo anterior. Si se asume que el número (n) de copias la mayoría es el techo de (n+1)/2.

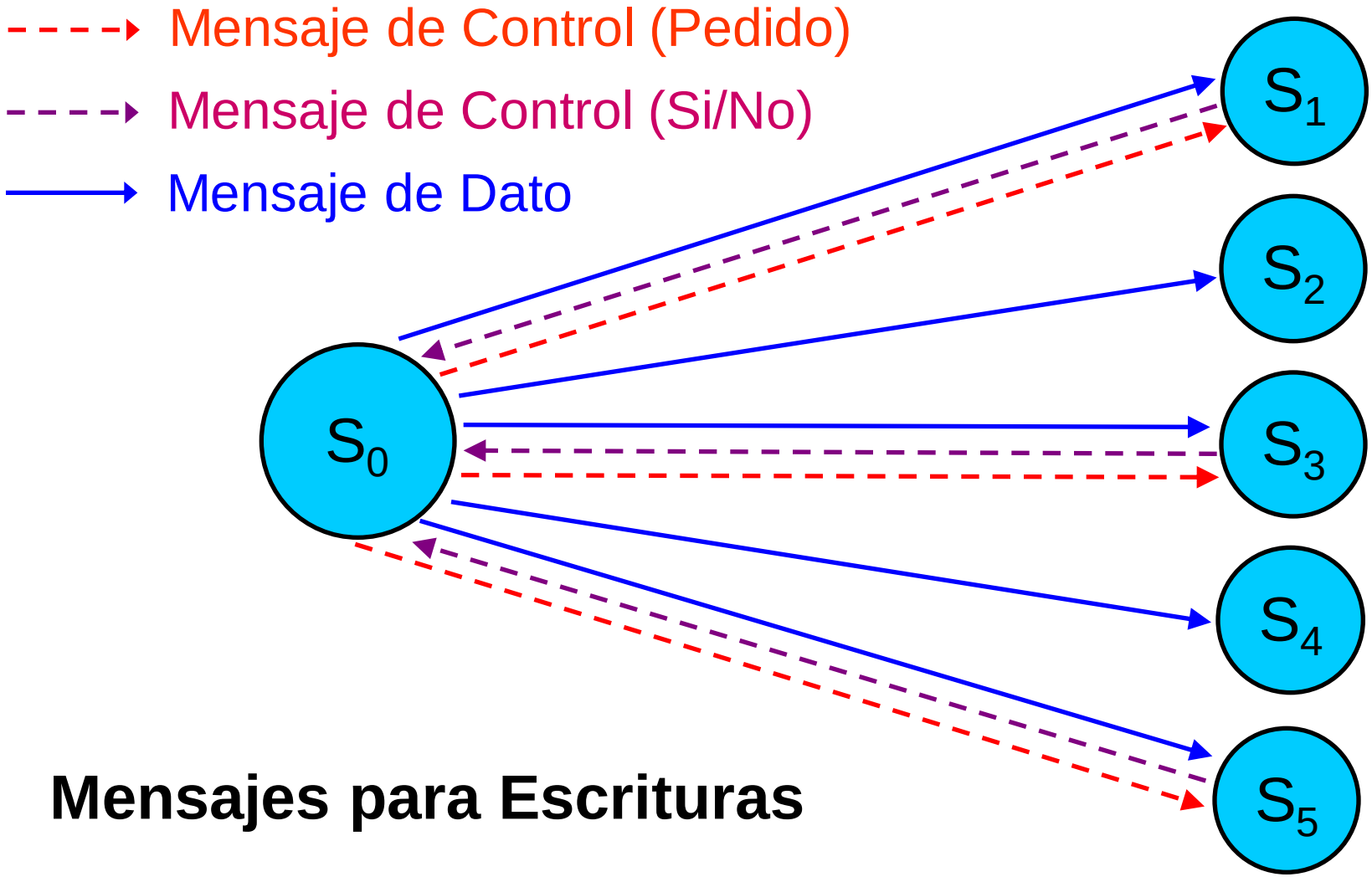
Ejemplo: la mayoría para n = 5 es 3, y la mayoría para n = 6 es 4.

Majority Locking - Análisis

Si existen *n* copias de un dato A.

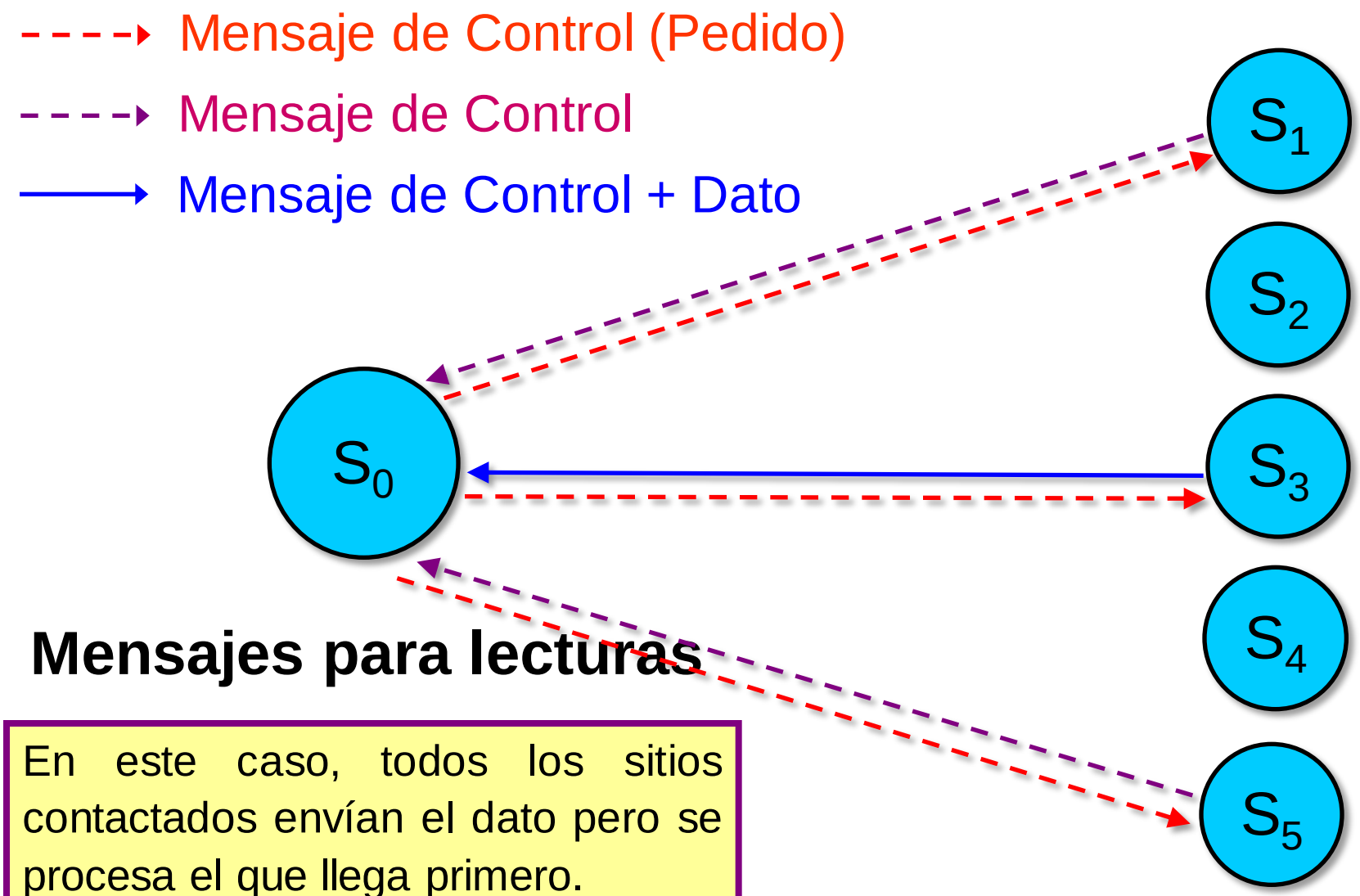
- Para realizar un *write-lock A*, se envian *n+1* mensajes de control ((*n*+1)/2 para requerir el bloqueo y (*n*+1)/2 de concesión del mismo) y *n* mensajes de datos (se escriben todas las copias).
- El número de mensajes de control es similar si se realiza un *read-lock* pero se atiende sólo 1 mensaje de datos.
- Si la transacción corre en el sitio de una de las copias, se pueden omitir algunos mensajes (no se transfieren por la red).

Majority Locking: lock-x



Mensajes para Escrituras

Majority Locking: lock-s



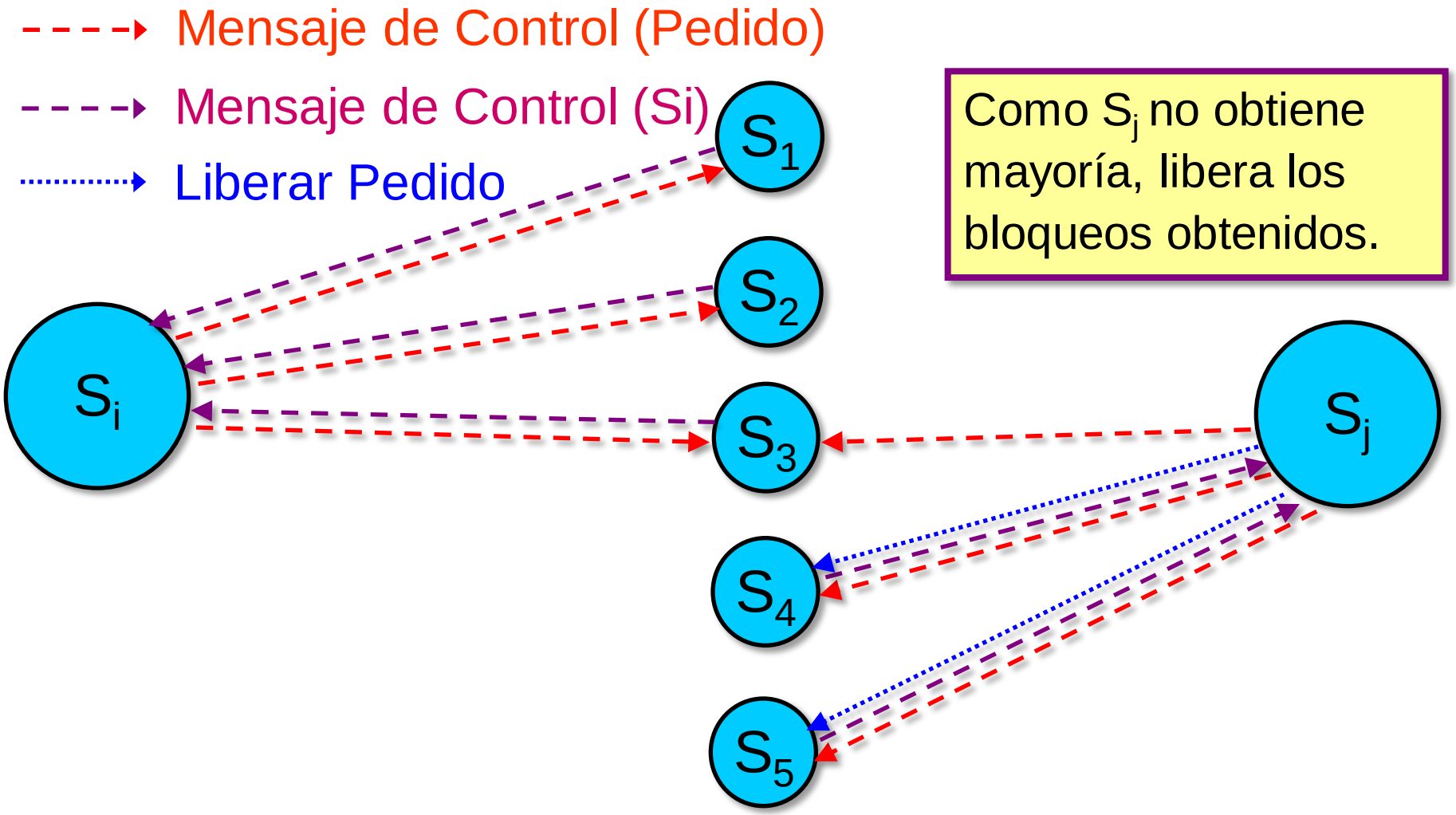
Mensajes para lecturas

En este caso, todos los sitios contactados envían el dato pero se procesa el que llega primero.

Majority Locking

- Este protocolo se comporta de manera apropiada si predominan las escrituras.
  - Ejemplo: un sistema de reserva de pasajes, donde los datos se modifican constantemente.
- Cuando se solicitan simultáneamente pedidos, sólo un sitio puede obtener la mayoría por lo que existe menor riesgo de deadlock.
- Si se solicita un dato y fracasa el pedido, se puede esperar que se liberen copias para obtener la mayoría, o bien se aborta la transacción.
- En caso de espera, debe garantizarse que un sitio no entre en estado de inanición (en espera continua).

Menor riesgo de deadlocks en escrituras



Estrategia *k*-de-*n*

Si existen *n* copias del dato. Sea *k* un valor tal que $n/2 < k \leq n$.

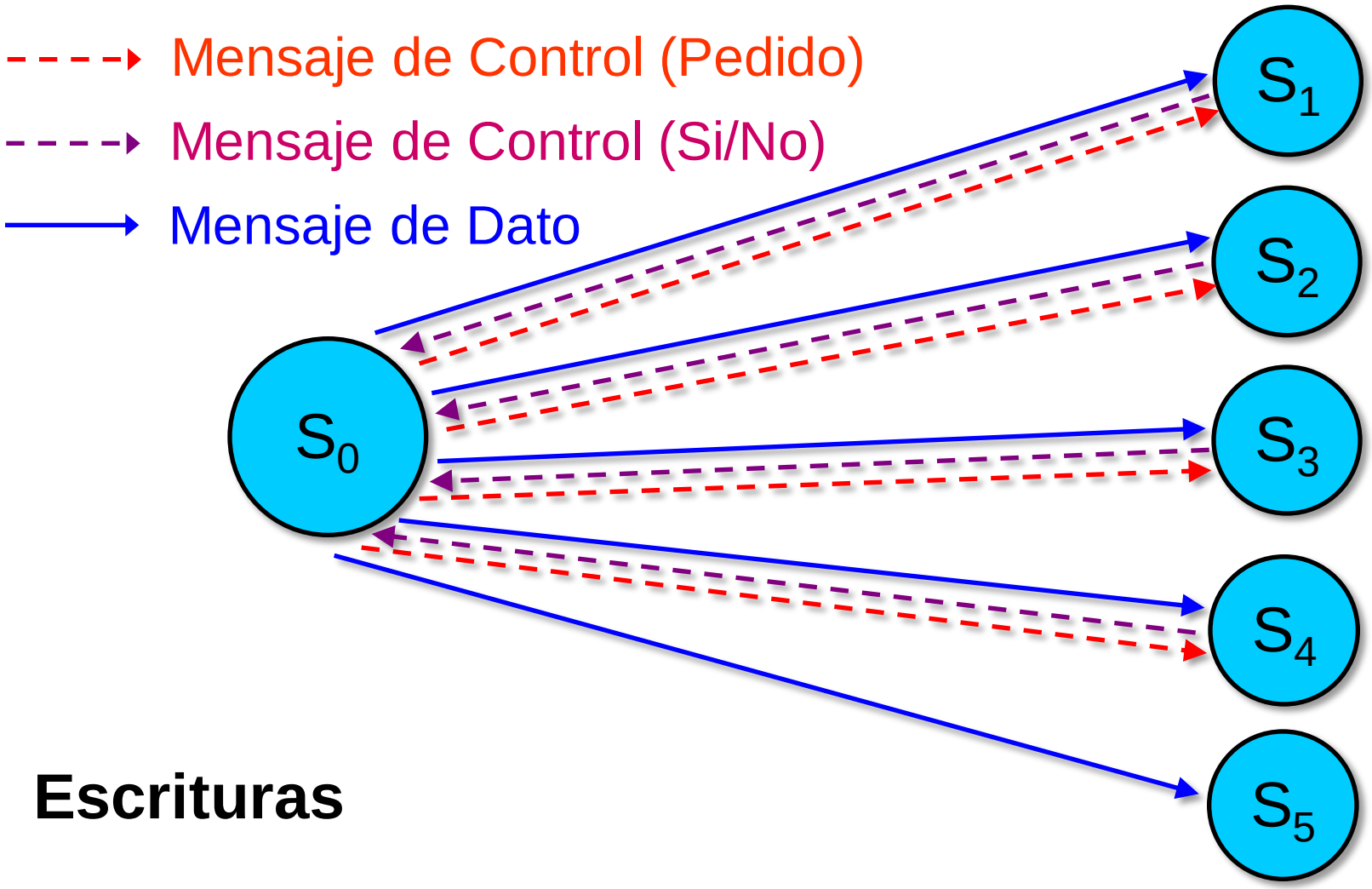
- Para obtener un **write-lock A**, una transacción debe obtener un write-lock sobre *k copias* de A.
- Para obtener un **read-lock A**, una transacción debe obtener un read-lock sobre un total de *n-k+1 copias* de A.

✓ No es posible que existan read-locks y write-locks simultáneamente (se necesitarían *n*+1 copias de A).
✓ Tampoco pueden existir dos write-locks simultáneamente ($k > n/2$).

Estrategia k-de-n

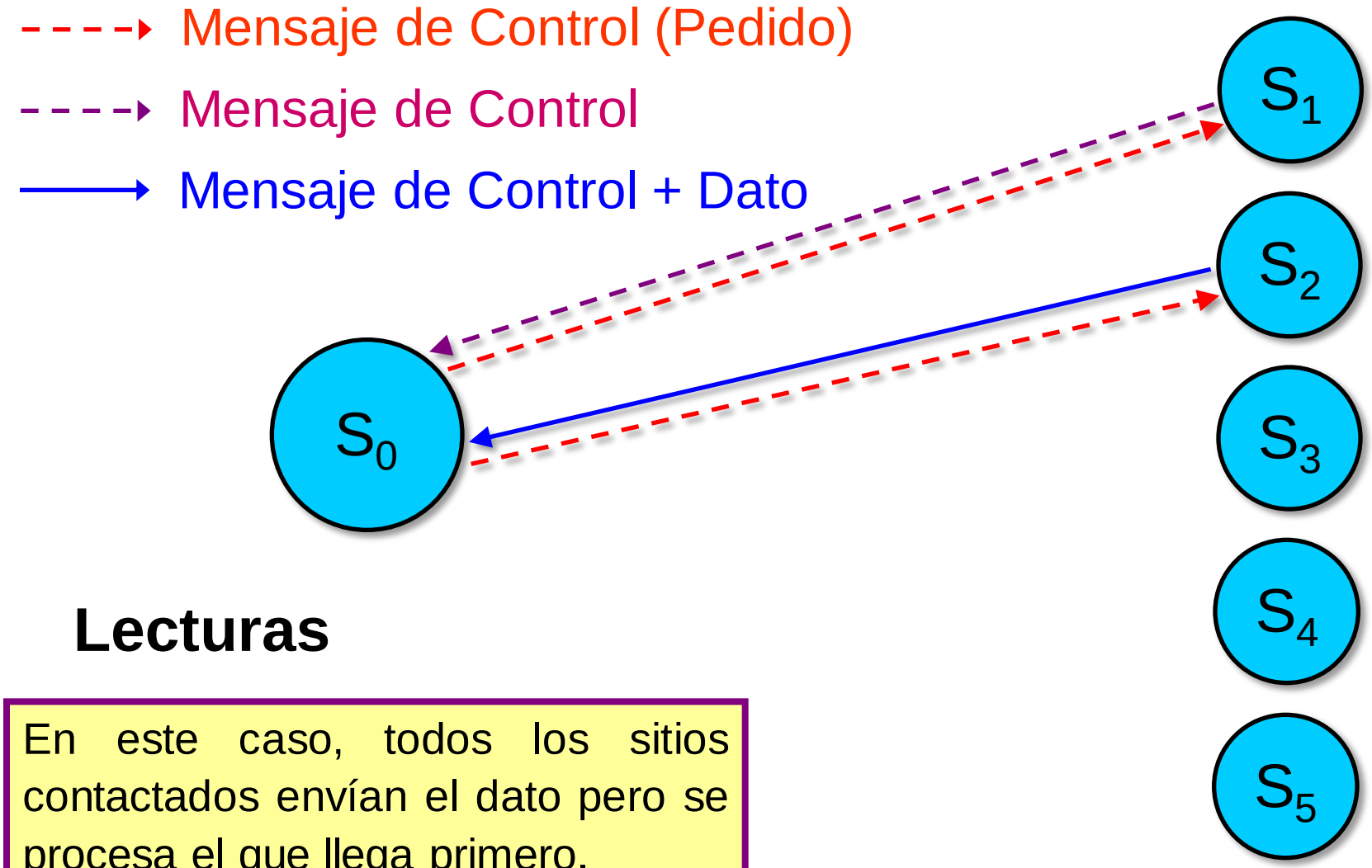
- La estrategia *n-de-n* deriva en Write-Locks-All.
- La estrategia *(n+1)/2-de-n* deriva en Majority Locking.
- A medida que *k* se incrementa, el protocolo se desempeña mejor en situaciones en donde se realizan lecturas más frecuentemente.
- A medida que *k* se decrementa, el protocolo se desempeña mejor en situaciones donde predominan las escrituras.

Estrategia 4-de-5: lock-x



Escrituras

Estrategia 4-de-5: lock-s



Lecturas

En este caso, todos los sitios contactados envían el dato pero se procesa el que llega primero.

Gestión de Bloqueos en DDBMS

- Algunas alternativas para implementar la traducción entre “lock de dato lógico” en “locks de datos físicos ” en entornos distribuidos con réplicas:
  - **Utilizar un Gestor de Bloqueos Centralizado**. ✓
    - Nodo Central
  - **Utilizar Gestión de Bloqueos Distribuida.** ✓
    - ROWA
    - Mayoría
    - K de n
  - **Otras propuestas híbridas**
    - Sitio primario (o copia primaria) ✓
    - Token primario

Tokens de Copia Primaria

- Este método asume la existencia de **read-tokens** y **write-tokens**, o privilegios que los nodos de la red pueden obtener, en beneficio de sus transacciones y con el fin de acceder a los ítems.
- Para un ítem *A*, puede existir sólo un *write-token*. Si no existe un write-token, puede existir cualquier número de *read-tokens*.
  - Si un sitio tiene un ***write-token*** para *A*, entonces puede conceder un *read-lock* o un *write-lock* para *A*.
  - Si un sitio tiene un ***read-token*** para *A*, entonces solamente puede conceder un *read-lock* para *A*.

Tokens de Copia Primaria

- Si una transacción en un sitio *N* desea un *write-lock* para *A*, debe obtenerlo para el sitio.
  - Si el *write-token* está en ese sitio entonces no hace nada.
  - Si el *write-token* no está en ese sitio entonces

Continua ...

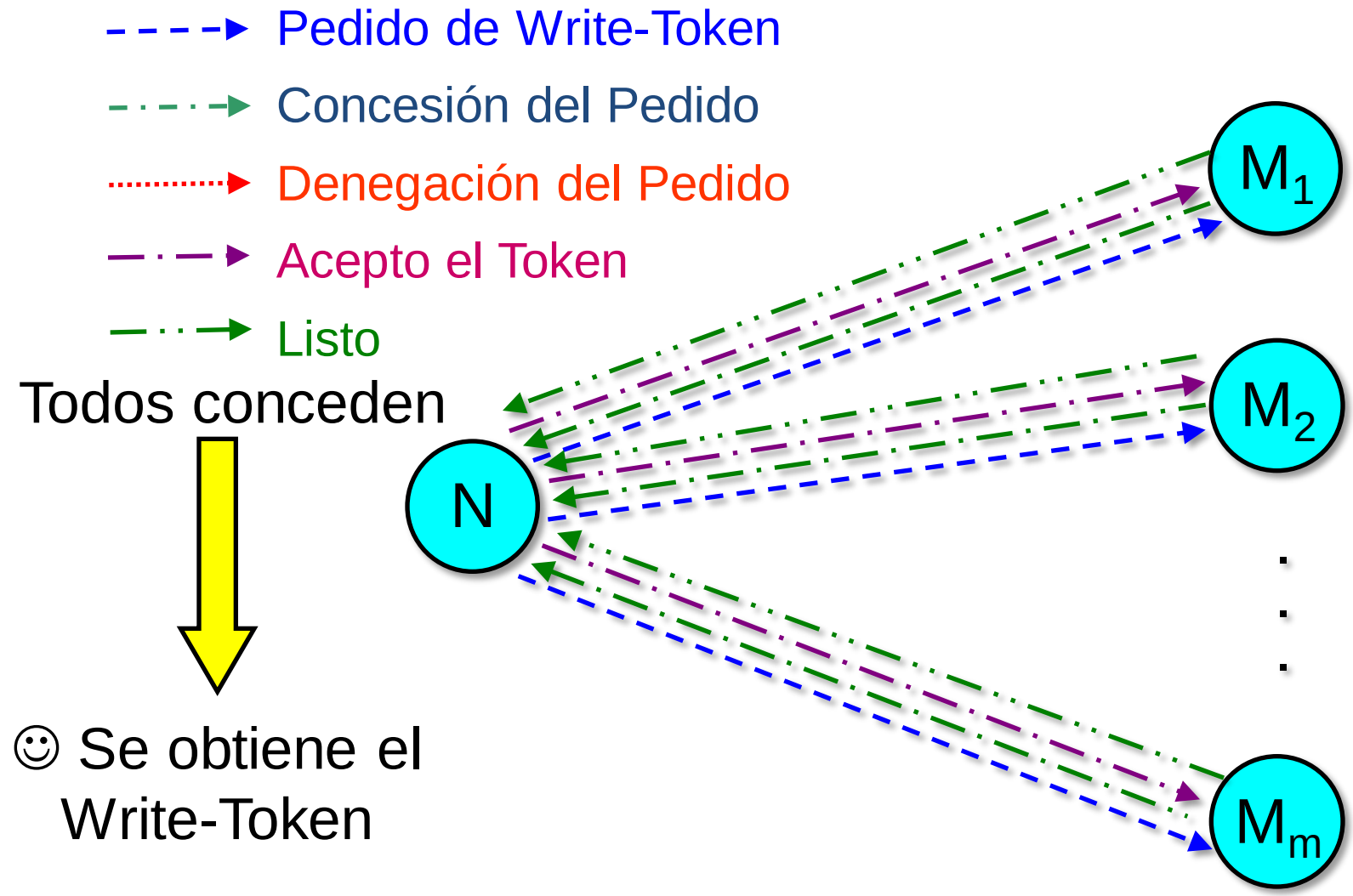
El *write-token* no está en el sitio entonces ...

- *N* envía un mensaje a todos los sitios requiriendo el *write-token.*
- Cada sitio *M* que recibe el requerimiento y contesta:

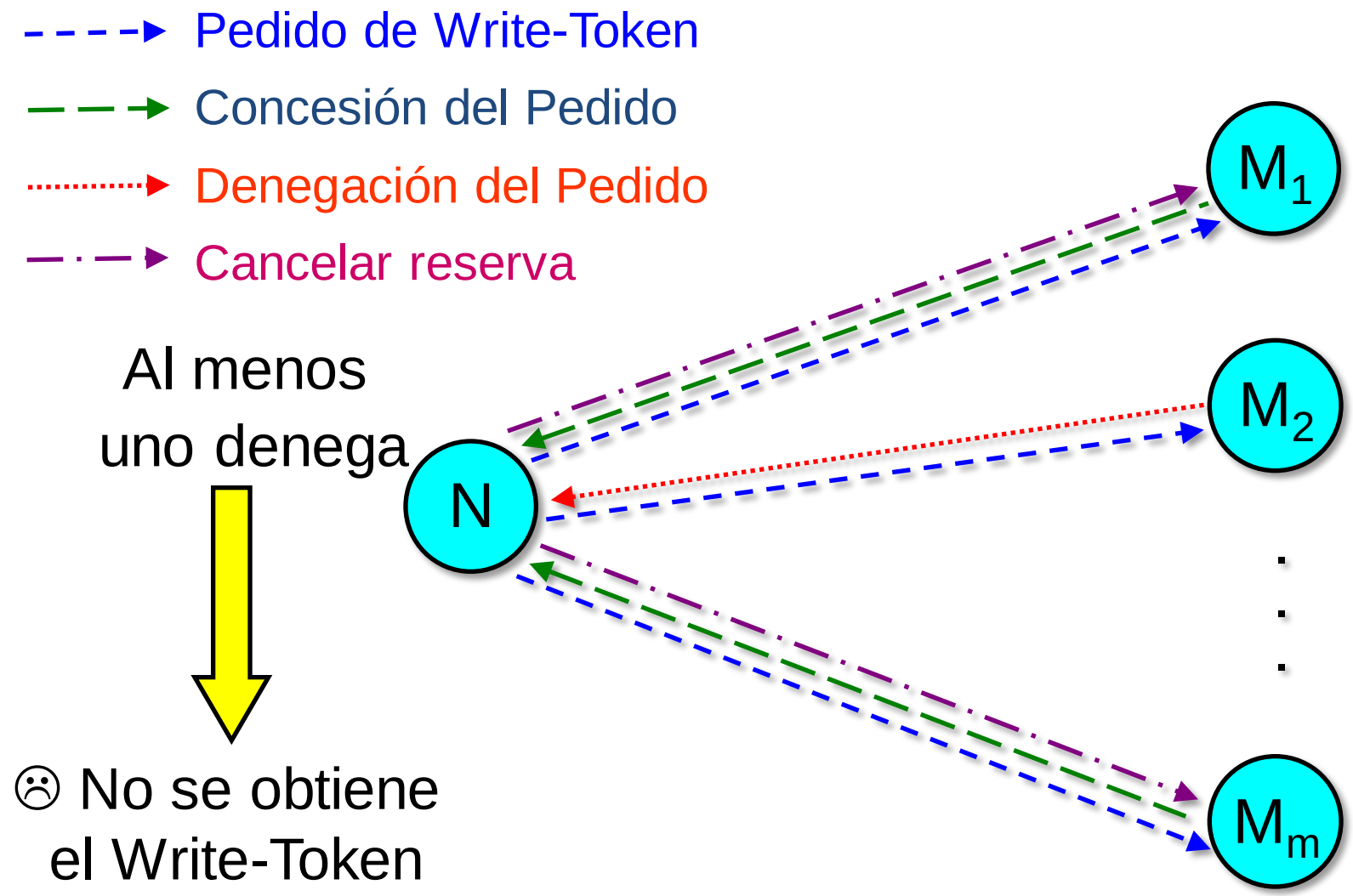
  (a) *M* no tiene un *read/write-token* para *A* o está por liberarlo de modo que *N* puede obtener el write-token.

  (b) *M* tiene un *read/write-token* para A y no lo liberará (otra transacción lo está usando o ha sido reservado a otro sitio).
- Si todos los sitios contestan (a), *N* puede obtener el *write-token* y envía un mensaje a cada sitio diciendo que aceptó el *write-token* y que deberían destruir el que ellos tienen.
- Si algunos contestan (b), *N* no puede obtener el *write-token* y debe enviar un mensaje a los sitios que contestaron (a) para que cancelen la reserva sobre *A.*

Token de Copia Primaria



Token de Copia Primaria



Comparación de métodos

Método	Mensajes de control en escritura	Mensajes de control en lecturas	Observaciones
ROWA	2n	1	Bueno en ambientes donde predominan lectura
Mayoría	>= n+1	>=n	Compensa mensajes en lecturas y escrituras
Nodo Central	3	2	Simple y vulnerable a fallos
Sitio primario	2	1	Eficiente y vulnerable a fallos
Token primario	0-4m	0-4m	Se adapta a cambios temporarios

***n*: número de copias del dato** **_m_: número de nodos en la red**

Temas de la clase de hoy

- Sistemas Distribuidos
  - Protocolos de bloqueo con replicacion

- **Bibliografía**
  - "Database Systems Concepts" – A. Silberschatz. Capítulo 19 (ed. 2010)
  - **"DataBase System – The Complete Book" – H. Molina, J. Ullman. Capítulo 20.**
  - "Principles of Database and Knowledge-Base Systems" – J. Ullman. Capítulo 10.