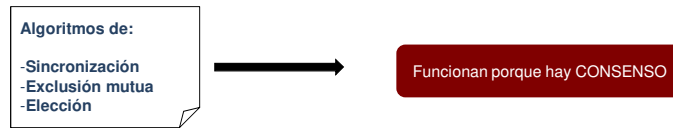


## Consenso distribuido



- Un conjunto **M** de procesadores **P** =  $p_1, p_2, \dots, p_M$ , que intentan llegar a un acuerdo.
- Un subconjunto de ellos, **F**, funcionan mal (*faulty*) y el resto funcionan bien.
- Cada uno de los procesadores propone un valor  $V_i$ .
- Mediante un protocolo de acuerdo, cada procesador calcula un **valor de acuerdo**  $A_i$ .
- Cuando la fase de acuerdo termina, se deben cumplir las dos condiciones siguientes:
  - C1: Para todos los **procesadores correctos**, el valor acordado debe ser el **mismo (A)**.
  - C2: El valor del acuerdo, A, debe ser una **función de los valores iniciales**  $\{V_i\}$  de los procesadores correctos

## Problema

Para cualquier protocolo de sincronización o coordinación distribuida:

- Se supone que el protocolo funciona si la información que se intercambia en el protocolo es correcta.
- El problema del consenso consiste en conseguir que aún en presencia de procesadores erróneos (que funcionan mal), los procesadores correctos sean capaces de ponerse de acuerdo sobre un valor, incluso aunque tal valor no sea el óptimo.
- El consenso es un problema complejo y hay escenarios en los que alcanzarlo es imposible.
- Simplificación:
  - Comunicaciones son fiables y que los equipos funcionan (bien o mal).
- Escenario de las comunicaciones utilizado:

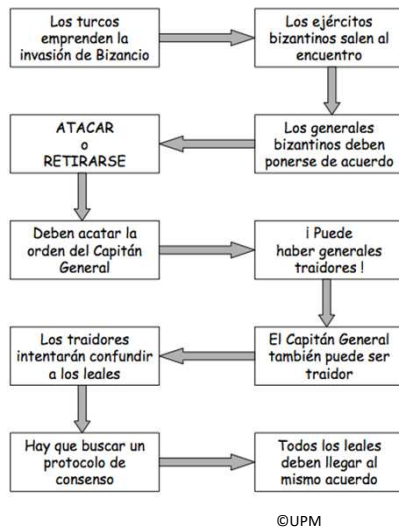
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## Los generales bizantinos



©UPM

©2017 Marisol García Valls

49

Arquitectura de sistemas II - GIT

- El emperador de Bizancio avisó a sus ejércitos para que desde puntos distintos salieran al encuentro.
- Cada ejército bizantino dirigido por un general.
- Los ejércitos bizantinos eran poderosos para resistir la invasión sólo si su acción estaba coordinada (todos atacan o todos se retiran).
- Cada general bizantino tiene su propia opinión y debe pensar en la posibilidad de atacar.
- Ya que el ataque debía estar coordinado, tenían un acuerdo de acatar una decisión de consenso.
- Por la noche, cada general envió mensajeros a los demás generales para adoptar una decisión consensuada.
- Problema de los generales bizantinos es que tienen fama de traidores (sobornados por ej turco)
- Un traidor intenta engañar a los leales para evitar el ataque coordinado.
- En el ejército bizantino hay un capitán general que da la orden a acatar pero puede ser traidor.
- Todos los generales leales, al menos, sí deben tomar la misma decisión.

## Bajo qué circunstancias es posible el acuerdo...

- El problema comienza cuando el capitán general envía la orden a los tenientes generales.
- Si el **capitán es traidor** puede enviarles órdenes distintas.
- Los **tenientes deben intercambiar mensajes** indicando cuál es la orden que les ha llegado del capitán.
- Si hay **algún teniente que es traidor**, al resto de los tenientes les enviará órdenes contradictorias para confundirlos.

- Se pretende que, en cualquier caso todos los generales leales adopten la misma postura.

- Lamport, Shostak y Pease desarrollaron un algoritmo (1982) que ofrece

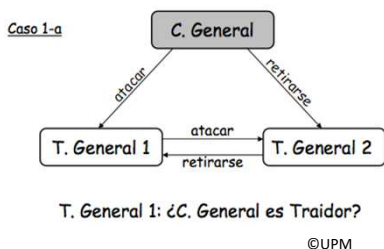
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

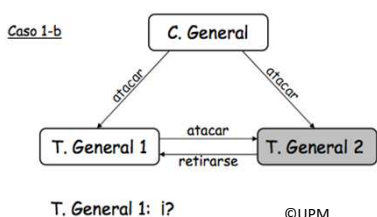
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

### Tres generales, un traidor



- Si hay un capitán general y dos tenientes y uno de ellos es traidor, ¿pueden los leales llegar a un acuerdo?
- Respuesta: No.
- Motivo: No hay suficientes generales para formar una opinión consensuada.



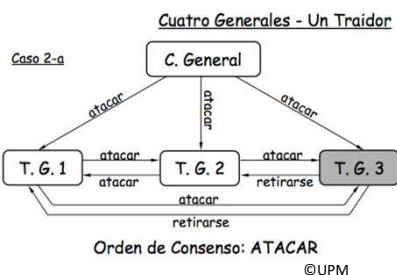
- Si el traidor es un teniente, la situación es la misma.

©2017 Marisol García Valls

51

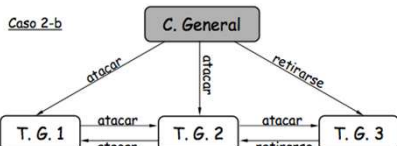
Arquitectura de sistemas II - GIT

### Tres generales, un traidor



- 4 generales y 1 es traidor.
- El acuerdo sí es posible, según una función de mayoría:

**Mayoría( $v_1, v_2, \dots, v_M$ ):** devuelve el valor  $v$  que es mayoría de entre  $v_1, v_2, \dots, v_M$



- Si el traidor es el capitán general.
- El acuerdo sí es posible,.
- Independientemente de las órdenes que envíe a los tenientes, puesto que éstos son leales, al intercambiar las órdenes recibidas del capitán los tenientes llegarán a un acuerdo.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

## Requisitos para el consenso

- En presencia de un traidor se requieren, al menos, cuatro generales en total para poder alcanzar un acuerdo.
- Esto se puede aplicar para cualquier número  $G$  de generales o procesadores entre los que haya  $t$  traidores.
- Lamport, Shostak y Pease demostraron que para poder llegar a un acuerdo se requiere:

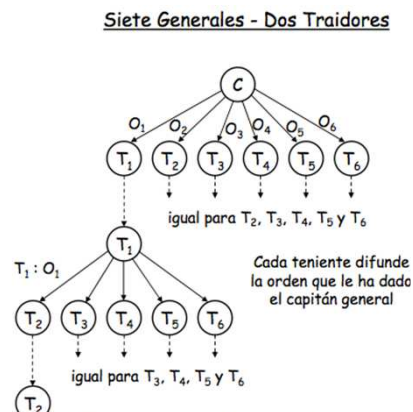
$$G > 3t$$

el número total de generales (leales y traidores) debe ser, al menos  $3t + 1$ .

## Rondas de mensajes para $t$ traidores

- Hemos visto que cuando hay un traidor, se requiere dos rondas de mensajes:
  - Capitán general envía la orden a los tenientes
  - Comunicación de los tenientes entre sí para informar de los que les ha dicho el capitán general a cada uno.
- Si hay más de un traidor aumenta la complejidad del algoritmo

Para  $t$  traidores se requieren  $t+1$  rondas de mensajes



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99