

SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2021/22
Seconda prova intermedia - 19/1/2022

Cognome _____ Nome _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 8)

- Si definiscano la consistenza sequenziale e la consistenza causale.
- Si illustrino le somiglianze e differenze tra i due modelli indicati al punto a) e si presenti un esempio di archivio di dati che soddisfa la consistenza causale ma non quella sequenziale.
- Qual è il massimo grado di consistenza data centrica soddisfatto dall'archivio di dati sottostante? Si spieghi in particolare se soddisfa uno dei due tipi di consistenza definiti al punto a), motivando opportunamente la risposta.

P1: W(x)a W(x)b R(x)c W(x)d
P2: R(x)a W(x)c R(x)d
P3: R(x)b R(x)b R(x)c

Ancora non completo.

La risposta cambia ed eventualmente come aggiungendo il processo P4?

P1: W(x)a W(x)b R(x)c W(x)d
P2: R(x)a W(x)c R(x)d
P3: R(x)b R(x)b R(x)c
P4: W(x)a R(x)d R(x)c

- Tra i protocolli di consistenza di tipo replicated-write esaminati a lezione, se ne descriva uno a scelta in grado di garantire la consistenza sequenziale, discutendone anche vantaggi e possibili svantaggi.

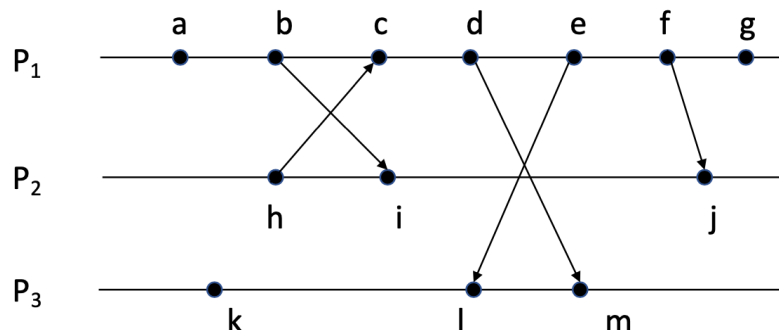
Domanda 2 (punti 8)

- Si presenti l'algoritmo di sincronizzazione fisica dei clock di Cristian. Si supponga che un client usi tale algoritmo per sincronizzarsi con un time server e che i valori del round-trip time e del timestamp restituito dal time server siano i seguenti:

Round-trip time (ms)	Time (hr:min:sec:msec)
22	10:54:23.674
25	10:54:25.450
20	10:54:28.342

Come imposta il client il suo clock in modo da massimizzare l'accuratezza? Motivare la risposta.

- Quali sono le limitazioni dell'algoritmo di Cristian per la sua adozione in un sistema distribuito a larga scala?
- Si determinino i valori del clock vettoriale di tutti gli eventi nel sottostante diagramma temporale. Quale conoscenza sullo stato del sistema rappresenta il valore del clock vettoriale associato all'evento m? Cosa rappresenta la somma dei valori di tale clock decrementata di 1?



- Dato il valore del clock vettoriale determinato al punto c), si discuta quali delle seguenti affermazioni è vera, motivando opportunamente la risposta:
 - $i \rightarrow m$
 - $l \rightarrow j$
 - $k \rightarrow d$

Per le affermazioni vere, si disegni anche sul diagramma la corrispondenza sequenza di eventi in relazione happened-before.

Domanda 3 (punti 8)

- a) Si spieghi a cosa serve Kubernetes e si presenti la sua architettura distribuita.
- b) In quali casi lo sviluppatore può scegliere di usare Docker Compose anziché Kubernetes? Con quali vantaggi e svantaggi?
- c) Si presenti un pattern, a scelta tra quelli esaminati a lezione, che può essere usato nella realizzazione di un'applicazione a microservizi.
- d) Si descrivano le caratteristiche del serverless computing e si discuta se è una soluzione adatta per realizzare applicazioni distribuite scalabili.

Domanda 4 (punti 8)

- a) Si presenti un algoritmo di mutua esclusione distribuita per un sistema distribuito a scelta tra quelli esaminati a lezione. Nell'algoritmo considerato, cosa accade quando due processi richiedono in modo concorrente l'accesso in sezione critica?
- b) Si discuta quali problemi possono insorgere durante l'esecuzione dell'algoritmo scelto al punto a), presentandone, se esiste, una possibile soluzione.
- c) Si descriva un algoritmo di consenso distribuito a scelta tra Paxos e Raft e si discuta come l'algoritmo gestisce la tolleranza a guasti di tipo non bizantino.
- d) Con riferimento all'algoritmo di consenso Raft, si spieghi se può essere utilizzato come algoritmo di mutua esclusione distribuita e, in caso affermativo, con quali vantaggi rispetto all'algoritmo scelto al punto a).

domanda 2.a)

Algoritmo di sincronizzazione dei clock fisici, fa uso del time Service (servizio esterno). Il time server S riceve segnale da UTC. Processo p richiede tempo con msg 'm(r)', riceve 't' nel messaggio m(t) da parte di S.

p imposta clock a $t + \text{Tround}/2$, ove Tround è RTT. tempo elaborazione 0, ok per RTT basso, si server maliziosi.

Accuratezza? se "min" è minimo tempo tx tra p ed S, tempo ricezione m(r) e invio m(t) in $[t+\text{min}, t+\text{tround}-\text{min}]$, ampiezza $\text{Tround}/2 - \text{min}$, l'accuratezza è +/- questo valore (inteso come: +/- (tround2 - min)).

2c) su grandi scale cristian va male perchè esso ha buona accuratezza solo per Tbrevi

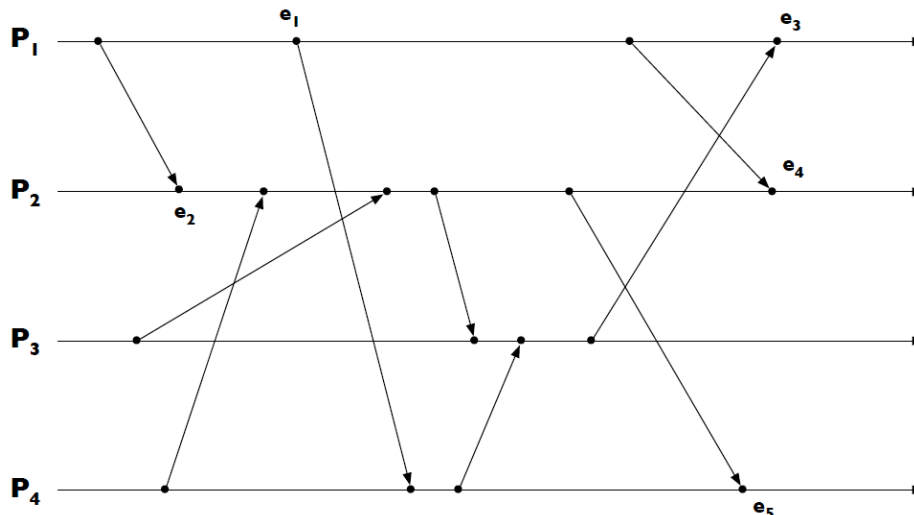
SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2019/2020
Seconda prova intermedia - 5/2/2020

Cognome _____ **Nome** _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 7)

- Si spieghi il significato delle componenti del clock logico vettoriale di un processo P_i e si descriva il protocollo di aggiornamento del clock logico vettoriale.
- Si spieghi qual è l'obiettivo del multicasting causalmente ordinato e perché si applica il clock logico vettoriale in questo algoritmo e non quello scalare.
- Si determinino i valori del clock scalare e del clock vettoriale di tutti gli eventi nel sottostante diagramma temporale.
- Si discuta se, dato il valore del clock sia scalare che vettoriale determinato al punto c), quali delle seguenti affermazioni è falsa, motivando opportunamente la risposta:
 - $e_1 \rightarrow e_3$
 - $e_1 \rightarrow e_5$
 - $e_2 \rightarrow e_3$
 - $e_1 \rightarrow e_4$



Domanda 2 (punti 6)

- Si definiscano la consistenza linearizzabile e la consistenza causale e se ne evidenzino le differenze.
- Qual è il massimo grado di consistenza data centrica soddisfatto dall'archivio di dati sottostante? Motivare la risposta.

P1:	W(y)0	W(x)1	R(x)1	R(y)0
P2:		W(y)1	R(y)1	R(x)1
P3:		R(x)1	R(y)0	
P4:	W(x)0	R(y)0	R(x)0	

- Qual è il massimo grado di consistenza data centrica soddisfatto dall'archivio di dati sottostante? Motivare la risposta.

P1:	W(x)0	W(x)1	R(x)2	W(x)3
P2:	R(x)0	W(x)2	R(x)3	
P3:	R(x)1	R(x)1	R(x)2	

Domanda 3 (punti 7)

- Si descriva un algoritmo di elezione a scelta tra quelli esaminati a lezione, indicando anche quali sono le assunzioni sul modello del sistema.
- Si discuta cosa accade se durante l'elezione condotta in base all'algoritmo descritto al punto a):
 - due processi partecipanti avviano contemporaneamente l'elezione;
 - uno dei processi partecipanti subisce un crash;

- avviene una partizione di rete.
- c) Perché l'algoritmo di Paxos può essere usato per l'elezione di un leader in un sistema distribuito (ad es. in Zookeeper)? Quali eventuali vantaggi presenta rispetto all'algoritmo descritto al punto a)?
- d) Si può usare l'algoritmo dei generali bizantini per l'elezione di un leader ed eventualmente con quali vantaggi e svantaggi rispetto all'algoritmo descritto al punto a)?

Domanda 4 (punti 6)

- a) Si presenti un algoritmo di mutua esclusione distribuita a scelta tra Ricart-Agrawala e Maekawa.
- b) Quali sono le differenze tra i due algoritmi in termini di distribuzione delle decisioni, prestazioni, safety, liveness e ordinamento delle richieste di accesso in sezione critica?
- c) Si può usare l'algoritmo di Raft per la mutua esclusione distribuita ed eventualmente con quali vantaggi e svantaggi rispetto all'algoritmo considerato al punto a)?

Domanda 5 (punti 6)

- a) Si descrivano l'obiettivo, le assunzioni rispetto ai modelli di sistema e di failure considerati di un algoritmo di consenso a scelta tra Paxos e Raft, spiegandone il funzionamento.
- b) Si supponga che un sistema composto da 2 proposer e 3 acceptor stia usando l'algoritmo di Paxos e che durante il primo round della fase di prepare uno dei due proposer subisca un crash e successivamente riprenda a funzionare. Cosa accade?
- c) Si supponga che un sistema composto da 2 proposer e 3 acceptor stia usando l'algoritmo di Paxos e che durante il primo round della fase di accept uno dei tre acceptor subisce un crash e successivamente riprenda a funzionare. Cosa accade?
- d) Perché l'algoritmo di Raft è tollerante alle partizioni di rete?

SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2018/19
Seconda prova intermedia - 14/01/2019

Cognome _____ **Nome** _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 7)

- a) Si definisca la consistenza sequenziale e la consistenza causale e se ne evidenzino le differenze.
b) L'archivio di dati sottostante soddisfa la consistenza sequenziale? E la consistenza causale? Motivare la risposta.

P1:	W(x)1	R(x)1	R(y)0
P2:	W(y)1	R(y)1	R(x)1
P3:	R(x)1	R(y)0	
P4:	R(y)0	R(x)0	

- c) L'archivio di dati sottostante soddisfa la consistenza sequenziale? E la consistenza causale? Motivare la risposta.

P1:	W(x)1		
P2:		W(x)2	
P3:	R(x)2	R(x)1	W(y)3
P4:		R(x)2	W(x)1 R(y)3

- d) Con riferimento ai protocolli di consistenza quorum-based, si indichi quali modelli di consistenza sono garantiti dalle seguenti configurazioni, motivando la risposta.

- $N_R = N_W = N$
- $N_R = N_W = N/2 + 1$

Domanda 2 (punti 6)

- a) Si spieghi il teorema CAP e si discutano le implicazioni che comporta nella progettazione di un sistema distribuito a larga scala.
b) Si fornisca un esempio di un servizio, software o piattaforma per la memorizzazione di dati per almeno due combinazioni di C, A e P (i.e., CA, AP, CP). Si discuta brevemente come l'esempio considerato supporta le due proprietà e non la terza.
c) Si supponga che un'università di grandi dimensioni intenda progettare alcuni servizi online, elencati di seguito, per i propri studenti e docenti. In ciascun caso, si discuta quali proprietà del teorema CAP il servizio dovrebbe supportare, motivando opportunamente la risposta.
- Servizio di editing collaborativo di documenti;
 - Servizio di notifica di situazioni di emergenza;
 - Servizio di discussione per i corsi erogati;
 - Servizio di iscrizione per gli studenti;
 - Servizio di hosting dei video delle lezioni.

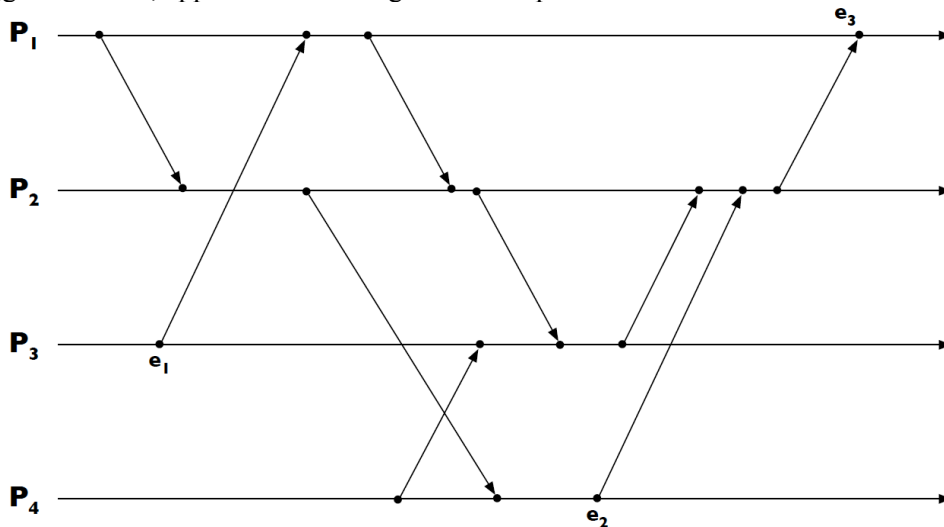
Domanda 3 (punti 6)

- a) Si descrivano l'obiettivo, le assunzioni rispetto ai modelli di sistema e di failure considerati di un algoritmo di consenso (o accordo) a scelta tra quelli esaminati a lezione, spiegandone il funzionamento.
b) Sotto le assunzioni dell'algoritmo dei generali bizantini, si può raggiungere l'accordo bizantino in presenza di 7 generali leali e 3 traditori? Quante fasi sono necessarie per raggiungere il consenso e qual è l'ordine del numero di messaggi scambiati durante l'esecuzione dell'algoritmo? Motivare le risposte.
c) Si spieghi perché i protocolli di commit distribuito possono essere considerati algoritmi di consenso (o accordo), quali problemi presentano le due varianti 2PC e 3PC e se l'algoritmo di Paxos può essere applicato per risolvere i problemi dei protocolli di commit distribuito, motivando la risposta.

GIRARE PAGINA

Domanda 4 (punti 7)

- Si presenti un algoritmo di mutua esclusione distribuita a scelta tra Ricart-Agrawala, Maekawa e basato su token centralizzato.
- Quali sono le differenze tra i tre algoritmi in termini di: distribuzione dell'algoritmo, prestazioni e liveness?
- Si spieghi come si rappresenta il clock logico vettoriale e si descriva il relativo protocollo di aggiornamento, applicandolo al diagramma temporale sottostante.



- d) Con riferimento ai valori dei clock vettoriali determinati al punto precedente, si discuta quale delle seguenti affermazioni è falsa e perché:
1. $e_1 \rightarrow e_2$
 2. $e_1 \rightarrow e_3$
 3. $e_2 \rightarrow e_3$

Domanda 5 (punti 6)

- Si spieghi come funziona il meccanismo di redirectione DNS per distribuire le richieste in un sistema di server distribuiti geograficamente, quali problematiche presenta e come possono essere risolte.
- Si spieghi come funziona il meccanismo di anycast per distribuire le richieste tra i nodi di un sistema distribuito geograficamente e quali vantaggi e svantaggi presenta rispetto alla redirectione basata su DNS.
- Analizzando il seguente output del comando `dig www.youtube.com`, individuare la soluzione di distribuzione adottata da Youtube, motivando la risposta. Qual è il valore del time-to-live e cosa implica?

```
$ dig www.youtube.com
```

...

;; ANSWER SECTION:

www.youtube.com.	82623	IN	CNAME	youtube-ui.l.google.com.
youtube-ui.l.google.com.	300	IN	A	216.58.205.78
youtube-ui.l.google.com.	300	IN	A	216.58.205.142
youtube-ui.l.google.com.	300	IN	A	216.58.205.206
youtube-ui.l.google.com.	300	IN	A	172.217.23.110
youtube-ui.l.google.com.	300	IN	A	216.58.205.46
youtube-ui.l.google.com.	300	IN	A	216.58.205.110
youtube-ui.l.google.com.	300	IN	A	216.58.198.14
youtube-ui.l.google.com.	300	IN	A	216.58.205.174

SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2017/18
Seconda prova intermedia - 12/01/2018

Cognome _____ **Nome** _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 6)

- a) Si spieghi come funziona il full content delivery attuato dalla CDN Akamai.
- b) Quali problematiche presenta in generale il meccanismo di redirectione basato su DNS e quali sono le possibili soluzioni?
- c) Analizzando il seguente output del comando `dig www.repubblica.it` individuare la soluzione di distribuzione del contenuto adottata dal sito del quotidiano La Repubblica, motivando opportunamente la risposta.

```
>>> dig 9.8.3-P1 <<>> www.repubblica.it
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 63674
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 0

;; QUESTION SECTION:
;www.repubblica.it.      IN      A

;; ANSWER SECTION:
www.repubblica.it. 60      IN      CNAME      www.repubblica.it.edgekey.net.
www.repubblica.it.edgekey.net. 13695 IN CNAME      e7047.e12.akamaiedge.net.
e7047.e12.akamaiedge.net. 20      IN      A          95.100.93.182

;; Query time: 29 msec
;; SERVER: 192.168.1.1#53(192.168.1.1)
;; WHEN: Fri Jan 12 07:40:36 2018
;; MSG SIZE rcvd: 129
```

Domanda 2 (punti 6)

- a) Si descrivano i protocolli quorum-based per la consistenza.
- b) Quale modello di consistenza supportano?
- c) Il database NoSQL Cassandra offre diversi livelli di consistenza, tra cui ALL ($N_R=N_W=N$), ONE ($N_R=N_W=1$) e QUORUM ($N_R=N_W=N/2+1$). Quali sono le differenze tra le tre configurazioni in termini di latenza, consistenza e disponibilità, considerando anche che Cassandra può operare su una scala geografica? Quale delle tre configurazioni è più scalabile all'aumentare del numero di repliche N?

Domanda 3 (punti 7)

- a) Si definisca la consistenza sequenziale.
- b) Si discutano le differenze tra consistenza sequenziale e linearizzabile e tra sequenziale e causale.
- c) L'archivio di dati sottostante soddisfa la consistenza sequenziale? Motivare la risposta.

```
P0:      R(x)a  W(x)b                W(x)a      R(x)b
P1:                        R(x)a  R(x)b
P2:      W(x)b  R(x)a                R(x)b
```

- d) L'archivio di dati sottostante soddisfa la consistenza causale? Motivare la risposta.

```
P0:      R(x)a  R(x)b                W(x)a                W(x)d
P1:      R(x)a  R(x)b                R(x)a  W(x)c
P2:                        R(x)b  R(x)a                R(x)a  R(x)d  R(x)c
```

Domanda 4 (punti 7)

- a) Si descriva l'obiettivo, le assunzioni rispetto ai modelli di sistema e di failure considerati dell'algoritmo dei generali bizantini oppure dell'algoritmo di Paxos, descrivendone brevemente il funzionamento.
- b) Sotto le assunzioni dell'algoritmo dei generali bizantini, si può raggiungere l'accordo bizantino in presenza di 5 generali leali e 2 traditori? Quante fasi sono necessarie e qual è l'ordine del numero di messaggi scambiati durante l'esecuzione dell'algoritmo? Motivare le risposte.

- c) Sotto le assunzioni dell'algoritmo di Paxos, può verificarsi la non terminazione dell'algoritmo e perché? Come può essere affrontato questo problema?

Domanda 5 (punti 6)

Si supponga di dover realizzare un'applicazione distribuita per lo storage di file (tipo Dropbox) in grado di servire un vasto insieme di utenti distribuiti su scala geografica. L'applicazione consente agli utenti registrati le operazioni CRUD (Create, Read, Update, Delete) su file e la condivisione di file tra utenti. Si presenti una possibile architettura ad alto livello di un sistema a bassa latenza ed elevata disponibilità in grado di supportare tale applicazione, discutendone vantaggi e possibili svantaggi. Si discuta la relazione tra l'architettura proposta ed il teorema CAP ed il suo impatto sulle scelte progettuali. Discutere infine quali soluzioni possono essere adottate per minimizzare i conflitti di scrittura su un file condiviso tra un gruppo di utenti.

Cognome _____ Nome _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 6)

Si spieghi l'obiettivo degli algoritmi di elezione distribuiti esaminati a lezione e si presentino i problemi che possono insorgere durante l'esecuzione di un algoritmo di elezione. Si descriva l'algoritmo Bully, presentandone anche le ipotesi e la complessità. Si discuta se e come tale algoritmo affronta i problemi sopra discussi e si descriva come può essere modificato per gestire partizioni di rete temporanee e processi lenti.

Domanda 2 (punti 6)

Si supponga di dover realizzare una piattaforma distribuita per la pubblicazione ed il delivery di news, in cui gli utenti non solo possono leggere le news ma possono anche inserirle e quindi pubblicarle. Poiché l'inserimento di news è possibile solo ad utenti registrati ed autenticati, il sistema dovrà prevedere anche le funzionalità di registrazione ed autenticazione di un utente. Si presenti una possibile architettura ad alto livello del sistema caratterizzata da bassi tempi di latenza ed elevata affidabilità, discutendone vantaggi e possibili svantaggi. Si discuta come il teorema CAP è stato applicato all'architettura proposta e con quale impatto sulle scelte progettuali e sulle funzionalità offerte dal sistema.

Domanda 3 (punti 6)

Si definiscano la consistenza linearizzabile e la consistenza sequenziale; si spieghi come differiscono una dall'altra, anche tramite opportuni esempi, e perché la consistenza sequenziale è in generale più pratica da implementare rispetto a quella linearizzabile.

Si consideri inoltre il seguente archivio di dati e si discuta qual è il massimo grado di consistenza data-centrica supportata dall'archivio di dati, motivando opportunamente la risposta.

P1:	W(x)b	R(x)c	R(y)b	W(x)d
P2:	R(y)a	W(y)b	R(x)b	R(y)d
P3:	R(x)b	W(x)c	R(y)c	R(x)d
P4:	R(x)a	R(x)b	W(y)c	W(y)d

Domanda 4 (punti 6)

Si spieghi come funziona la redirectione DNS per distribuire le richieste tra i nodi di un sistema distribuito geograficamente.

- Perché la redirectione DNS è il meccanismo più usato per distribuire le richieste in sistemi distribuiti geograficamente?
- Quali svantaggi presenta e quali sono le possibili soluzioni?
- Quali sono i vantaggi e gli svantaggi dell'anycast rispetto alla redirectione DNS?
- Si spieghi infine come avviene il servizio di delivery di un video su YouTube, evidenziando le varie fasi di redirectione a cui è sottoposta la richiesta.

Domanda 5 (punti 6)

Si descriva il funzionamento dell'algoritmo dei generali bizantini, evidenziandone gli obiettivi e le assunzioni rispetto ai modelli di sistema e di failure considerati.

- Sotto le assunzioni dell'algoritmo, si può raggiungere l'accordo bizantino in presenza di 7 generali leali e 3 traditori? Motivare la risposta.
- Quale è il numero di messaggi scambiati durante l'esecuzione dell'algoritmo e perché?
- Si spieghi per quali motivi questo algoritmo non viene usualmente applicato in un sistema distribuito a larga scala.

SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2016/17
Seconda prova intermedia - 3/2/2017

Cognome _____ **Nome** _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 6)

Si definisca la consistenza client-centrica, evidenziandone le differenze rispetto alla consistenza data-centrica. Si definiscano i modelli di consistenza causale e di consistenza read-your-writes, presentando un esempio per ciascun modello.

- a) Qual è il massimo grado di consistenza soddisfatto dall'archivio di dati sottostante? Motivare la risposta.

P0: W(x)10 W(x)30

P1: R(x)10 W(x)20

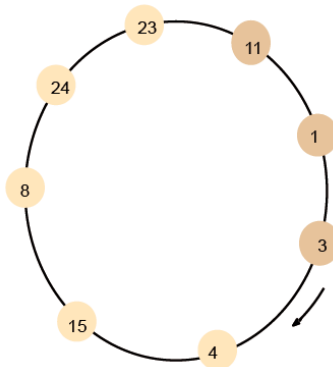
P2: R(x)10 R(x)30 R(x)20

P3: R(x)20 R(x)10 R(x)30

- b) Si consideri la seguente situazione. Mentre era in aeroporto a Roma, Bob ha cambiato la password del suo conto bancario, ma quando arriva a Parigi non riesce ad accedere al proprio conto usando la nuova password. Quale tipo di consistenza viene violata? Motivare la risposta.

Domanda 2 (punti 6)

Si spieghi l'obiettivo degli algoritmi di elezione distribuiti. Si descriva un algoritmo di elezione a scelta tra quelli esaminati a lezione e si discuta quali problemi possono insorgere durante la sua esecuzione, presentandone, se esiste, una possibile soluzione. Infine, assumendo che l'algoritmo di elezione di Chang & Roberts venga utilizzato per l'anello indicato in figura e che non vi siano fallimenti, quale processo deve iniziare l'elezione per eleggere il leader nel minor numero di passi? Motivare la risposta.



Domanda 3 (punti 6)

Si supponga di dover realizzare un'applicazione distribuita per lo storage di file (tipo Dropbox) in grado di servire un ampio insieme di utenti distribuiti su scala geografica. Oltre alla registrazione ed autenticazione di un utente, l'applicazione deve consentire le usuali operazioni CRUD (Create, Read, Update, Delete) su file e la condivisione di file tra utenti. In particolare, un file condiviso può essere pubblico (in questo caso può essere letto da tutti gli utenti dell'applicazione, ma modificato soltanto dal possessore del file) oppure condiviso in lettura e scrittura da un gruppo limitato di utenti. Si presenti una possibile architettura ad alto livello del sistema caratterizzata da bassi tempi di latenza ed elevata affidabilità, discutendone vantaggi e possibili svantaggi. Si discuta come il teorema CAP è stato applicato all'architettura proposta e con quale impatto sulle scelte progettuali e sulle funzionalità offerte dal sistema. Discutere infine almeno una strategia che può essere adottata per ridurre il consumo di batteria dei dispositivi mobili che usano l'applicazione.

Domanda 4 (punti 6)

Si definisca il problema del consenso distribuito e si descriva il funzionamento dell'algoritmo di Paxos, evidenziandone gli obiettivi e le assunzioni rispetto ai modelli di sistema e di failure considerati. Inoltre:

- a) Si spieghi perché l'algoritmo di Paxos viene applicato per realizzare una computazione distribuita basata sulla state machine replication.
- b) Si spieghi in quale situazione l'algoritmo di Paxos può essere applicato in modo più efficace per risolvere il problema delle commit distribuite, motivando la risposta.

Domanda 5 (punti 6)

Si spieghi come funziona l'anycast per distribuire le richieste tra i nodi di un sistema distribuito geograficamente.

- a) Quali vantaggi e svantaggi presenta rispetto alla redirectione basata su DNS?
- b) Come può essere utilizzato l'anycast da un content provider che possiede la sua infrastruttura distribuita geograficamente? Si consideri ad esempio la soluzione adottata da LinkedIn ed esaminata a lezione.
- c) Si spieghi come YouTube gestisce il servizio di delivery dei video, evidenziando le varie fasi di redirectione a cui è sottoposta la richiesta di un utente ed i meccanismi di redirectione utilizzati.

SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2015/16
Seconda prova intermedia - 25/1/2016

Cognome _____ **Nome** _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 6)

Si spieghi l'obiettivo degli algoritmi di elezione distribuiti esaminati a lezione e si presentino i problemi che possono insorgere durante l'esecuzione di un algoritmo di elezione. Si descriva l'algoritmo Bully, presentandone anche le ipotesi e la complessità. Si discuta se e come tale algoritmo affronta i problemi sopra discussi e si descriva come può essere modificato per gestire partizioni di rete temporanee e processi lenti.

Domanda 2 (punti 6)

Si supponga di dover realizzare una piattaforma distribuita per la pubblicazione ed il delivery di news, in cui gli utenti non solo possono leggere le news ma possono anche inserirle e quindi pubblicarle. Poiché l'inserimento di news è possibile solo ad utenti registrati ed autenticati, il sistema dovrà prevedere anche le funzionalità di registrazione ed autenticazione di un utente. Si presenti una possibile architettura ad alto livello del sistema caratterizzata da bassi tempi di latenza ed elevata affidabilità, discutendone vantaggi e possibili svantaggi. Si discuta come il teorema CAP è stato applicato all'architettura proposta e con quale impatto sulle scelte progettuali e sulle funzionalità offerte dal sistema.

Domanda 3 (punti 6)

Si definiscano la consistenza linearizzabile e la consistenza sequenziale; si spieghi come differiscono una dall'altra, anche tramite opportuni esempi, e perché la consistenza sequenziale è in generale più pratica da implementare rispetto a quella linearizzabile.

Si consideri inoltre il seguente archivio di dati e si discuta qual è il massimo grado di consistenza data-centrica supportata dall'archivio di dati, motivando opportunamente la risposta.

P1:	W(x)b	R(x)c	R(y)b	W(x)d
P2:	R(y)a	W(y)b	R(x)b	R(y)d
P3:	R(x)b	W(x)c	R(y)c	R(x)d
P4:	R(x)a	R(x)b	W(y)c	W(y)d

Domanda 4 (punti 6)

Si spieghi come funziona la redirectione DNS per distribuire le richieste tra i nodi di un sistema distribuito geograficamente.

- Perché la redirectione DNS è il meccanismo più usato per distribuire le richieste in sistemi distribuiti geograficamente?
- Quali svantaggi presenta e quali sono le possibili soluzioni?
- Quali sono i vantaggi e gli svantaggi dell'anycast rispetto alla redirectione DNS?
- Si spieghi infine come avviene il servizio di delivery di un video su YouTube, evidenziando le varie fasi di redirectione a cui è sottoposta la richiesta.

Domanda 5 (punti 6)

Si descriva il funzionamento dell'algoritmo dei generali bizantini, evidenziandone gli obiettivi e le assunzioni rispetto ai modelli di sistema e di failure considerati.

- Sotto le assunzioni dell'algoritmo, si può raggiungere l'accordo bizantino in presenza di 7 generali leali e 3 traditori? Motivare la risposta.
- Quale è il numero di messaggi scambiati durante l'esecuzione dell'algoritmo e perché?
- Si spieghi per quali motivi questo algoritmo non viene usualmente applicato in un sistema distribuito a larga scala.

Cognome _____ Nome _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 6)

Si supponga di dover realizzare un sistema per lo storage di oggetti che sia ottimizzato per un'applicazione di condivisione di foto simile ad Instagram. Oltre alla registrazione ed autenticazione di un utente, il sistema deve consentire le usuali operazioni CRUD (Create, Read, Update, Delete) sugli oggetti e la condivisione di uno stesso oggetto tra gruppi di utenti. Si presenti una possibile architettura ad alto livello del sistema caratterizzata da throughput elevato, bassa latenza ed elevata affidabilità, discutendone vantaggi e possibili svantaggi. Si discuta come il teorema CAP è stato applicato all'architettura proposta e con quale impatto sulle scelte progettuali. Discutere infine quali soluzioni possono essere adottate nell'architettura proposta per ridurre il consumo di batteria di dispositivi mobili, assumendo che questi ultimi possono anche eseguire delle operazioni di trasformazione sugli oggetti prima di caricarli nello storage distribuito.

Domanda 2 (punti 6)

Si definiscano la consistenza sequenziale e la consistenza causale e si spieghi perché sono stati definiti diversi modelli di consistenza data-centrica.

Si consideri inoltre il seguente archivio di dati e si discuta qual è il massimo grado di consistenza data-centrica supportata dall'archivio di dati, motivando opportunamente la risposta.

P1:	W(x)a	R(x)b	W(x)c	
P2:		W(x)b		W(x)d
P3:	R(x)a	R(x)b	R(x)d	R(x)c
P4:	R(x)a	R(x)b	R(x)c	R(x)d

Infine, si consideri l'aggiunta del processo P5 al precedente archivio di dati e si discuta qual è il massimo grado di consistenza supportato in questo secondo caso, motivando opportunamente la risposta.

P1:	W(x)a	R(x)b	W(x)c	
P2:		W(x)b		W(x)d
P3:	R(x)a	R(x)b	R(x)d	R(x)c
P4:	R(x)a	R(x)b	R(x)c	R(x)d
P5:	R(x)a	R(x)c	R(x)b	

Domanda 3 (punti 6)

Si presenti l'algoritmo di mutua esclusione distribuita di Lamport (Lamport distribuito). Si spieghi inoltre perché è necessario il verificarsi di entrambe le due condizioni affinché il processo P_i , che ha richiesto l'accesso in sezione critica, possa accedervi e qual è lo scopo del messaggio di ack. Infine si discuta se negli algoritmi di Lamport distribuito e di Maekawa la sezione critica è acceduta in ordine crescente del timestamp, motivando opportunamente la risposta.

Domanda 4 (punti 6)

Si spieghi il funzionamento dei protocolli quorum-based per la consistenza.

- In un sistema basato su quorum con N repliche, la consistenza sequenziale è soddisfatta con il quorum di lettura $N_R=N/2$ ed il quorum di scrittura $N_W=N/2$? Motivare la risposta.
- Si considerino due implementazioni di un sistema di quorum con $N=10$ repliche. La prima implementazione usa $N_R=1$ e $N_W=10$, la seconda $N_R=4$ e $N_W=8$. Le due implementazioni sono equivalenti? Per quale ragione una delle due implementazioni può essere scelta rispetto all'altra? Qual è il problema con $N_R=7$ e $N_W=5$?

Domanda 5 (punti 6)

Si descriva il funzionamento dell'algoritmo di Paxos, evidenziandone gli obiettivi e le assunzioni rispetto ai modelli di sistema e di failure considerati.

- Si spieghi perché l'algoritmo di Paxos viene applicato più frequentemente in un sistema di Cloud computing rispetto all'algoritmo dei generali bizantini.
- Cosa si può dire dell'algoritmo di Paxos rispetto al risultato dell'impossibilità del consenso di FLP?

- c) In un sistema sincrono, si può raggiungere l'accordo bizantino in presenza di 6 generali leali e 2 traditori? Motivare la risposta.

SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2013/14
Seconda prova intermedia - 4/2/2014

Cognome _____	Nome _____
Matricola _____	

Domanda 1 (punti 6)

Si definisca la consistenza causale e si consideri il seguente scenario in un sito di social network tipo Facebook:

1. Anna non trova suo figlio Marco. Aggiunge il post S sul suo account: “Temo che Marco sia scomparso”.
2. Subito dopo che Anna ha aggiunto il post, Marco la chiama al cellulare, avvisandola che sta giocando a casa di un amico. Anna modifica S, che diviene S*, in “Falso allarme! Marco era uscito a giocare”.
3. Laura, un’amica di Anna, legge S* e aggiunge in risposta il post J: “Che sollievo!”

Se Andrea, un amico di Anna, legge i post S e J ma non S*, cosa capisce? Se Facebook garantisce consistenza causale, può verificarsi che Andrea veda J senza aver visto S*?

Si consideri inoltre il seguente archivio di dati:

P1:	R(y)a	R(y)c	W(x)b	R(x)b
P2:	W(y)b	R(x)a	R(y)c	R(x)b
P3:	R(x)b	W(x)c	W(y)c	R(x)c
P4:	R(x)a	R(y)b	W(x)d	W(y)d

Si discuta se tale archivio di dati soddisfa la consistenza causale, motivando la risposta. Quale grado massimo di consistenza data-centrica è soddisfatto se l’operazione R(y)c viene rimossa da P1?

Domanda 2 (punti 6)

Si spieghi come funziona la redirectione DNS in un sistema replicato geograficamente. Perché un DNS server autoritativo che attua la redirectione DNS non riesce ad instradare la totalità delle richieste di risoluzione di indirizzo generate dai client e quali soluzioni possono essere adottate per affrontare tale problema? Infine, si discutano vantaggi e svantaggi dell’uso dell’anycast per il DNS, presentando un esempio reale di utilizzo di tale meccanismo.

Domanda 3 (punti 6)

Con riferimento alla tolleranza ai guasti, si considerino le seguenti domande.

- a) Qual è la cardinalità di un gruppo di processi tollerante a k guasti?
- b) Si consideri il protocollo primary-backup per la consistenza con un processo primario e due processi di backup. Per quale valore di k tale schema è tollerante a k guasti e sotto quali assunzioni? Si motivi opportunamente la risposta.
- c) Si consideri un gruppo tollerante a k guasti, con $k > 1$. Se un processo del gruppo fallisce, il gruppo è ancora tollerante a k guasti? Si motivi opportunamente la risposta.
- d) Si consideri un gruppo formato da N processi che eseguono l’algoritmo di Paxos. Assumendo un modello di failure di tipo crash, quanti processi falliti può tollerare il gruppo per continuare a soddisfare le specifiche?
- e) L’algoritmo di Paxos si compone di due fasi. Si spieghi la prima fase, fornendo il flusso di messaggi scambiati tra i proposer e gli acceptor e descrivendone i rispettivi stati e transizioni di stato.

Domanda 4 (punti 5)

Si descrivano gli approcci esaminati a lezione per realizzare un sistema di naming semplice, discutendo vantaggi e svantaggi. Si possono verificare guasti bizantini in un sistema di naming gerarchico come il DNS e come possono essere eventualmente affrontati?

Domanda 5 (punti 7)

Si supponga di dover realizzare un’applicazione distribuita per lo storage personale di file (tipo Dropbox) in grado di servire un’ampia popolazione di utenti distribuita su scala geografica. Si presenti una possibile architettura ad alto livello di un sistema altamente scalabile ed affidabile in grado di supportare tale applicazione, discutendo vantaggi e possibili svantaggi della soluzione presentata anche derivanti dal teorema CAP. Oltre alla registrazione di un utente, l’applicazione deve consentire le tradizionali operazioni CRUD su file e la condivisione di file tra gruppi di utenti. Discutere infine quali soluzioni possono essere adottate per ridurre l’overhead relativo all’aggiornamento di file, in particolare di grandi dimensioni.

SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2012/13
Seconda prova intermedia - 4/2/2013

Cognome _____ **Nome** _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 6)

Si spieghi il funzionamento di un protocollo quorum-based per la consistenza. Considerando un insieme di N server replica, si mostri con un contro esempio, che per la consistenza sequenziale il set di scrittura deve essere di dimensione maggiore o uguale a $\lfloor N/2+1 \rfloor$. Infine, si analizzi il comportamento di un sistema che usa un protocollo quorum-based con le due configurazioni alternative: a) $N_W=1$ e $N_R=N$; b) $N_R=1$ e $N_W=N$, spiegando che modello di consistenza è possibile soddisfare nei due casi.

Domanda 2 (punti 6)

Si definisca la consistenza sequenziale. Si consideri il seguente archivio di dati:

P1: $W(x)a$ $R(x)b$ $W(x)c$

P2: $R(x)a$ $W(x)b$ $R(x)c$

P3: $R(x)X$ $R(x)?$

X può assumere i valori a, b, c . Per ciascun valore che X può assumere, si discuta qual è l'insieme di valori che può essere letto da P3 nella sua seconda operazione di lettura affinché l'archivio di dati soddisfi la consistenza sequenziale, motivando la risposta.

Domanda 3 (punti 6)

Si supponga di dover realizzare un'applicazione Web per la condivisione di foto (photo sharing) in grado di servire una vasta popolazione di utenti distribuita su scala geografica. Si presenti una possibile architettura di sistema in grado di supportare tale applicazione in modo scalabile e tollerante ai guasti, discutendo vantaggi e possibili svantaggi della soluzione presentata. Si assuma che dopo l'upload la foto viene salvata in 3 formati aventi diverse dimensioni; tale adattamento viene effettuato allo scopo di fornire un formato consono alle caratteristiche del dispositivo richiedente. Si consideri inoltre che una foto viene tipicamente caricata una sola volta, letta numerose volte, mai modificata e raramente cancellata.

Domanda 4 (punti 6)

Si spieghi cosa è un guasto bizantino e si presenti un algoritmo che in presenza di processi soggetti a guasti di questo tipo permette ai processi correttamente funzionanti di raggiungere il consenso indipendentemente dal comportamento dei processi guasti. Si spieghi sotto quali assunzioni tale algoritmo funziona e quali sono i suoi problemi in termini di prestazioni.

Domanda 5 (punti 6)

Si spieghi il funzionamento della redirectione DNS in un sistema distribuito geograficamente. Si discutano gli svantaggi di tale meccanismo di distribuzione e le possibili soluzioni. Infine, si presentino 3 esempi di sistemi reali che adottano tale meccanismo.

SISTEMI DISTRIBUITI E CLOUD COMPUTING A.A. 2011/12
Seconda prova intermedia - 7/2/2012

Cognome _____ **Nome** _____

Matricola _____

Domanda 1 (punti 6)

Si spieghi il funzionamento della redirectione DNS in un sistema distribuito geograficamente e si discutano i relativi vantaggi e svantaggi. La redirectione DNS può essere usata da un provider di servizi IaaS o PaaS in ambito Cloud computing? Si motivi la risposta, presentando un opportuno esempio.

Domanda 2 (punti 8)

Si spieghi il teorema CAP e si discutano le implicazioni che comporta sul progetto di un sistema distribuito a larga scala.

Inoltre, si consideri di dover progettare un sistema distribuito per il delivery di contenuti video prodotti da terze parti, in cui gli utenti premium non visualizzano banner pubblicitari. Il contratto di licenza con i provider dei contenuti video prevede che il sistema fornisca loro dettagli sull'erogazione dei contenuti (ad es. il numero di download di ciascun video). Il sistema è formato da diversi componenti, tra cui: un insieme di server per il delivery dei video agli utenti, un insieme di server per il logging dei dati per i content provider, un insieme di server per la gestione dei pagamenti. L'obiettivo è di progettare il sistema con il minimo periodo di downtime per i propri utenti. Si presenti uno schema di possibile design ad alto livello del sistema, discutendo quali soluzioni sono state adottate per rendere il sistema tollerante ai guasti e fornendo un esempio di compromesso nel design del sistema derivante dal teorema CAP.

Domanda 3 (punti 6)

Si definisca la consistenza stretta e si spieghi perché non è possibile ottenerla in un sistema distribuito. Si definisca la consistenza causale, fornendo inoltre due esempi di archivi di dati che la soddisfano. Infine, si indichi se l'archivio di dati sottostante soddisfa la consistenza causale, motivando la risposta.

P1: $W(x)a$ $W(x)c$

P2: $R(x)a$ $W(x)b$

P3: $R(x)c$ $R(x)b$

Domanda 4 (punti 6)

Si spieghi quali sono le entità interagenti in un'architettura orientata ai servizi e si descrivano brevemente i principali protocolli e linguaggi usati nell'interazione. Perché la composizione dei servizi è un fattore fondamentale per il successo delle architetture orientate ai servizi e quali sono i possibili approcci per realizzarla?

Domanda 5 (punti 6)

Si spieghi a cosa serve e come funziona il protocollo di commit a due fasi (2PC). Dovendolo implementare, spiegare cosa può fare il coordinatore nel caso in cui non riceva una risposta da un partecipante.

Domanda 1 (punti 6)

- a) Si presentino le caratteristiche della virtualizzazione a livello di sistema operativo, presentando anche i meccanismi usati per realizzare i container ed isolarli tra loro.
- b) Rispetto alla virtualizzazione leggera con unikernel, quali vantaggi e svantaggi presentano i container?
- c) Si spieghino gli approcci pre-copy e post-copy per la migrazione live della memoria di una macchina virtuale, discutendone anche i vantaggi e gli svantaggi.

Domanda 1 (punti 7)

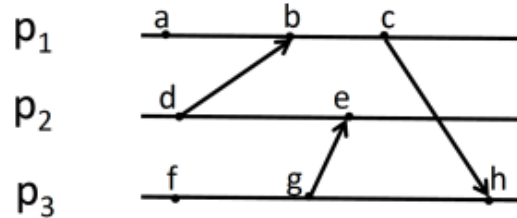
- a) Con riferimento al problema del ring deprivileging, si spieghi come esso viene risolto nella virtualizzazione a livello di sistema con supporto hardware e nella paravirtualizzazione.
- b) Si spieghi se la virtualizzazione a livello di sistema operativo (o basata su container) presenta il problema del ring deprivileging e si descrivano quali meccanismi offerti dal sistema operativo vengono usati per realizzarla.
- c) Si descriva come avviene la migrazione live della memoria di una macchina virtuale.
- d) Si spieghi perché i container e Docker in particolare rappresentano la tecnologia abilitante nell'architettura a microservizi.

Domanda 4 (punti 6)

- a) Si spieghi perché è difficile mantenere sincronizzati i clock fisici in un sistema distribuito a larga scala.
- b) Si presenti un algoritmo di sincronizzazione dei clock fisici a scelta tra l'algoritmo di Cristian, l'algoritmo di Berkeley ed il Network Time Protocol, evidenziandone le caratteristiche anche in termini di accuratezza nella sincronizzazione e presentandone i possibili vantaggi.
- c) Un clock fisico è impostato alle 16:31:54.0 (h:min:sec.msec) quando viene rilevato che è avanti di 4 secondi rispetto ad una sorgente UTC. Spiegare perché il clock non viene reimpostato direttamente alle 16:31:50.0 e mostrare numericamente come deve essere regolato in modo da fornire il valore corretto dopo che sono trascorsi 8 secondi.

Domanda 1 (punti 7)

- Si spieghi quali sono le problematiche della sincronizzazione fisica e perché è stato introdotto da Lamport il concetto di sincronizzazione logica.
- Si definisca la relazione happened-before introdotta da Lamport.
- Si spieghi come si rappresenta il clock logico vettoriale e si descriva il relativo protocollo di aggiornamento, applicandolo al diagramma temporale sottostante.



- Quale informazione è rappresentata dal valore del clock vettoriale dell'evento h ? Quale relazione esiste tra gli eventi e ed h e perché? Cosa cambierebbe guardando il clock logico scalare degli eventi e ed h ?
- Si spieghi qual è l'obiettivo del multicasting causalmente ordinato e come si applica il clock logico vettoriale nel corrispondente algoritmo.

Domanda 2 (punti 6)

- Si spieghino le caratteristiche della virtualizzazione basata su container ed i meccanismi usati per realizzarla.
- Si confronti la virtualizzazione basata su container con la paravirtualizzazione e si presentino, confrontandoli, i vantaggi e svantaggi dei due approcci.
- Come si possono definire ed eseguire applicazioni multi-container con Docker?

Domanda 1 (punti 7)

Si consideri il seguente problema di sincronizzazione in cui un garage per auto e moto è organizzato su N livelli ed ha una capacità massima pari a $N \cdot P$. Ogni livello contiene posteggi numerati progressivamente da 1 a P . All'ingresso, ciascun conducente con l'operazione `void enterParking(int vehicleType)` richiede il posteggio del proprio veicolo che deve essere parcheggiato nel primo spazio libero a partire dal primo livello. All'uscita, ciascun conducente con l'operazione `void exitParking(int parkingTicket)` ottiene il ritiro del veicolo su presentazione del numero di posteggio occupato. Si consideri che il garage ha un solo punto di accesso in ingresso/uscita a senso unico alternato e che devono essere soddisfatti i seguenti vincoli:

- le auto hanno la precedenza sulle moto;
- i veicoli in uscita hanno la precedenza su quelli in entrata.

Si presenti lo pseudocodice in stile C di una soluzione che modelli la politica di gestione del garage e si descriva la sincronizzazione tra i thread, spiegando quali funzioni e costrutti dell'API Pthreads esaminati durante il corso possono essere usati per risolvere il problema.

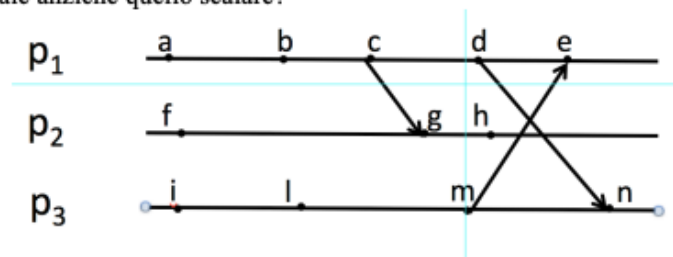
Si discuta inoltre se la soluzione proposta può presentare starvation e/o deadlock e, in caso affermativo, si descrivano eventuali modifiche per evitarli.

Domanda 2 (punti 6)

Si definisca la relazione happened-before introdotta da Lamport, si spieghi come si rappresenta il clock logico scalare e si descriva il relativo protocollo di aggiornamento. Si spieghi inoltre come si può utilizzare il clock logico scalare nel multicasting totalmente ordinato.

Infine, con riferimento al diagramma temporale sottostante:

- Calcolare il clock logico scalare di tutti gli eventi da a a n .
- Quale relazione esiste tra gli eventi g ed n ? Motivare la risposta. Cosa cambierebbe usando il clock logico vettoriale anziché quello scalare?



Domanda 4 (punti 6)

Si illustrino le caratteristiche salienti degli approcci di virtualizzazione completa e virtualizzazione a livello di sistema operativo (o basata su container), confrontandone anche vantaggi e svantaggi.

Considerando la seguente affermazione “la virtualizzazione isola gli utenti gli uni dagli altri, facilita la migrazione di ambienti ed applicazioni e supporta la replicazione dei componenti di un’applicazione distribuita, ma esige un prezzo in termini di prestazioni e costo”, si discuta ciascuno di questi aspetti per (a) la virtualizzazione completa e (b) la virtualizzazione a livello di sistema operativo.

2015

Domanda 1 (punti 7)

Si consideri il seguente problema di sincronizzazione in cui molteplici thread (produttori e consumatori) usano un array contenente al più N elementi di tipo `int`. L'operazione `void put(int value, int pos)` inserisce un elemento nell'array nella posizione specificata da `pos`. Molteplici thread produttori che inseriscono valori in posizione pari (o dispari) possono inserire il valore contemporaneamente, a meno che non vi sia collisione sulla stessa posizione; se la posizione desiderata è già occupata da un elemento, il thread produttore chiamante viene sospeso in attesa che venga eliminato l'elemento presente da parte di un thread consumatore. I thread non possono inserire contemporaneamente in posizione pari e dispari. L'operazione `int get(int pos)` preleva l'elemento nella posizione specificata da `pos` se è presente; altrimenti, il thread consumatore chiamante viene sospeso in attesa che venga inserito l'elemento.

Si presenti lo pseudocodice in stile C di una soluzione per questo problema, cercando di massimizzare il parallelismo nell'uso dell'array e spiegando quali funzioni e costrutti dell'API Pthreads esaminati durante il corso possono essere usati per risolvere il problema.

Domanda 4 (punti 6)

Si spieghi cosa è la sincronizzazione dei clock fisici, come può essere realizzata e perché è difficile mantenere sincronizzati i clock fisici nei sistemi distribuiti a larga scala. Si presenti inoltre un algoritmo di sincronizzazione dei clock fisici a scelta tra l'algoritmo di Cristian, l'algoritmo di Berkeley ed il Network Time Protocol, evidenziandone anche i vantaggi ed i possibili svantaggi.

Domanda 5 (punti 6)

Si spieghi cosa è la virtualizzazione a livello di sistema operativo e come può essere realizzata. Si discutano i suoi vantaggi e svantaggi nell'ottica di un provider IaaS e dei suoi clienti e si evidenzino le differenze rispetto alla paravirtualizzazione.

Si descriva inoltre come è possibile realizzare la migrazione live di macchine virtuali all'interno di un data center.

2014

Domanda 1 (punti 7)

Si consideri il seguente problema di sincronizzazione in cui molteplici thread (produttori, lettori e garbage collector) usano un array contenente N elementi di tipo `int`. L'operazione `void put(int value, int pos, int lease)` inserisce un elemento nell'array nella posizione specificata da `pos`, assegnando anche all'elemento una scadenza in secondi denotata da `lease`; se la posizione desiderata è già occupata, il thread produttore chiamante viene sospeso in attesa che venga eliminato l'elemento presente. L'operazione `int get(int pos)` legge l'elemento nella posizione specificata da `pos` (senza rimuoverlo) se è presente e non ancora scaduto; altrimenti, il thread lettore chiamante viene sospeso in attesa che venga inserito un elemento. L'operazione `void clean(void)` viene eseguita periodicamente dal thread garbage collector con lo scopo di rimuovere dall'array gli elementi scaduti.

Si presenti lo pseudocodice in stile C di una soluzione per questo problema, cercando di massimizzare il parallelismo nell'uso dell'array e spiegando quali funzioni e costrutti dell'API Pthreads esaminati durante il corso possono essere usati per risolvere il problema.

Domanda 2 (punti 6)

Si spieghi il funzionamento degli approcci di virtualizzazione completa e paravirtualizzazione e come si differenziano nell'accesso alle risorse fisiche, descrivendo anche come gli approcci considerati risolvono il problema del ring deprivileging. Si discutano inoltre i benefici ed i possibili svantaggi derivanti dall'uso della virtualizzazione nel contesto del Cloud computing.

Domanda 1 (punti 7)

Si consideri il seguente problema di sincronizzazione in cui molteplici thread usano un buffer circolare contenente N elementi di tipo `int`. L'operazione `void put(int elem)` inserisce un elemento nel buffer; se il buffer è pieno, il thread produttore chiamante viene sospeso in attesa che venga estratto un elemento. L'operazione `int get(void)` permette di estrarre un elemento dal buffer; se il buffer è vuoto, il thread consumatore chiamante viene sospeso in attesa che venga inserito un elemento. I thread produttori sono di due tipi: A e B. Si richiede che i thread produttori di tipo A inseriscano elementi in un rapporto di 2:1 rispetto ai thread di tipo B con precedenza di A rispetto a B, ovvero ogni due operazioni di `put` da parte dei thread di tipo A avviene un'operazione di `put` da parte dei thread di tipo B. Poiché tale disciplina può dar luogo a situazioni di deadlock e/o starvation, si introduca un opportuno meccanismo per evitarle.

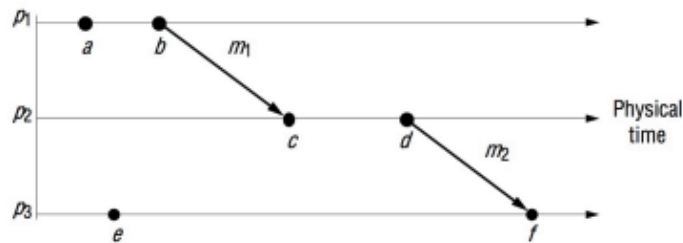
Si presenti lo pseudocodice in stile C di una soluzione per questo problema, spiegando quali funzioni e costrutti dell'API Pthreads esaminati durante il corso possono essere usati per risolvere il problema.

Domanda 2 (punti 6)

Si descriva come funzionano i supporti hardware per la virtualizzazione del processore e della memoria virtuale esaminati a lezione e quali vantaggi apportano. In mancanza del supporto hardware per la virtualizzazione del processore, quali approcci possono essere usati per affrontare il problema del ring deprivileging ed in cosa si differenziano? Infine, si spieghi come la virtualizzazione permette di ridurre il consumo energetico per un service provider a livello IaaS.

Domanda 4 (punti 5)

Si spieghi perché è stata introdotta la nozione di tempo logico in un sistema distribuito e si spieghi cosa sono il clock logico scalare e vettoriale e quale significato fisico assumono. Con riferimento alla sequenza di eventi mostrata nel diagramma temporale sottostante, si applichino gli algoritmi del clock logico scalare e vettoriale e si discuta con un opportuno esempio lo svantaggio del clock scalare e come l'introduzione del clock vettoriale consenta di superare tale svantaggio.



2012

Domanda 3 (punti 6)

Si descriva l'algoritmo di Maekawa per la mutua esclusione distribuita, evidenziandone le differenze rispetto agli algoritmi basati su autorizzazione esaminati a lezione. Quali proprietà relativamente a safety e liveness sono garantite da questo algoritmo? Infine, si confronti il suo costo in termini di comunicazione per ogni accesso alla sezione critica rispetto all'algoritmo di Ricart-Agrawala.

Domanda 4 (punti 7)

Si consideri il seguente problema di sincronizzazione in cui molteplici thread usano un buffer contenente un singolo elemento di tipo `char`. I thread possono inserire un elemento nel buffer oppure estrarre un elemento presente nel buffer. L'operazione `void put(char elem)` inserisce l'elemento nel buffer; se il buffer è pieno, il thread produttore chiamante viene sospeso in attesa che il buffer venga svuotato. L'operazione `char get(void)` permette di estrarre l'elemento dal buffer; se il buffer è vuoto, il thread consumatore chiamante viene sospeso in attesa che il buffer venga riempito da un altro thread. Si richiede che la gestione dell'attesa dei thread produttori sia di tipo FIFO, ovvero che venga risvegliato il thread che ha invocato da più tempo l'operazione di inserimento.

Si presenti lo pseudocodice in stile C di una soluzione per questo problema, spiegando quali funzioni e costrutti dell'API Pthreads esaminati durante il corso possono essere usati per risolvere il problema.

Domanda 5 (punti 6)

Si descrivano le caratteristiche della virtualizzazione completa e della paravirtualizzazione, confrontando i due approcci ed evidenziandone vantaggi e svantaggi. Si descriva come è possibile effettuare la migrazione live di macchine virtuali e quali vantaggi comporta per un provider di servizi IaaS.

2021

Domanda 3 (punti 6)

Si descrivano l'algoritmo di Ricart-Agrawala e l'algoritmo basato su token centralizzato per la mutua esclusione distribuita. Si discutano inoltre le differenze tra i due algoritmi ed il costo in termini di messaggi scambiati per ogni accesso in sezione critica. Quali proprietà relativamente a 1) liveness; 2) accesso FCFS alla sezione critica; sono garantite dai due algoritmi?

Domanda 4 (punti 7)

Si consideri il seguente problema di sincronizzazione in cui molteplici thread utilizzano uno spazio di dati condiviso, nello specifico un buffer condiviso contenente un solo elemento (di tipo `char`). I thread possono inserire, leggere e rimuovere l'elemento dal buffer. L'operazione `void writeElem(char elem)` inserisce un elemento nel buffer; se il buffer è pieno, il thread chiamante viene sospeso. L'operazione `char takeElem()` rimuove l'elemento presente nel buffer; se il buffer è vuoto, il thread chiamante viene sospeso in attesa che il buffer venga riempito da un altro thread. Infine, l'operazione `char readElem()` legge l'eventuale elemento presente nel buffer ma senza rimuoverlo; se il buffer è vuoto, il thread chiamante viene sospeso in attesa che il buffer venga riempito da un altro thread. Nel caso in cui più thread siano in attesa di leggere l'elemento tramite `readElem()`, occorre permettere a tutti i thread in attesa di poter leggere l'elemento prima che venga rimosso da un thread che ha invocato `takeElem()`.

Si presenti lo pseudocodice in stile C di una soluzione per questo problema, spiegando quali funzioni e costrutti dell'API Pthreads possono essere usati per risolvere il problema.

Domanda 5 (punti 6)

Si spieghi cosa è il monitor di macchina virtuale (VMM), quali funzioni svolge e in quale livello dell'architettura di sistema può essere collocato. Si illustrino inoltre le differenze tra la paravirtualizzazione e la virtualizzazione a livello di sistema operativo, evidenziando vantaggi e svantaggi dei due approcci. Fornire un esempio di prodotto per ciascuno dei due approcci.

Da appelli completi (prendendo solo le domande per il 2° esonero)

2014

Domanda 1

Si spieghi perché è stato introdotto, come funziona e quali sono le limitazioni del clock logico definito da Lamport, presentando anche un esempio della sua applicazione usando un diagramma spazio-tempo. Si descriva poi il problema del multicasting totalmente ordinato e si presentino la sua soluzione basata sul clock logico di Lamport ed una possibile soluzione alternativa, confrontando le due soluzioni in termini di benefici e svantaggi.

Domanda 2

In un centro di calcolo vi sono N server che utilizzano un sistema di storage centralizzato per la memorizzazione di file multimediali e per il backup dei dischi dei server. Tre tipi di processi possono accedere in modo concorrente dagli N server al sistema di storage: processi M , che leggono e scrivono file multimediali, processi B che effettuano il backup e processi R che ripristinano i dati di backup.

La politica di accesso al sistema di storage richiede che:

- i processi di tipo M non possano accedere contemporaneamente ai processi di tipo B ;
- al più $maxM$ processi di tipo M possano accedere contemporaneamente;
- dallo stesso server k , con $1 \leq k \leq N$, non possano accedere contemporaneamente processi di tipo R e B .

Si presenti lo pseudocodice in stile C di una soluzione che modelli il funzionamento del sistema di storage sopra descritto, spiegando quali funzioni e costrutti dell'API Pthreads esaminati durante il corso possono essere usati per risolvere il problema. Si discuta inoltre se la soluzione proposta può presentare starvation e/o deadlock ed eventualmente si discutano possibili modifiche per evitarli.

Domanda 4

Si definiscano la consistenza di tipo read-after-write e la consistenza eventuale, presentando anche un opportuno esempio per ciascuno dei due modelli. Si discuta come tali modelli di consistenza possono essere applicati in un servizio di Cloud storage che espone operazioni di tipo CRUD, evidenziandone benefici e svantaggi.

Domanda 5

Si considerino l'algoritmo dei generali bizantini e l'algoritmo di Paxos. Si descrivano i due algoritmi, evidenziandone l'obiettivo e le assunzioni rispetto ai modelli di sistema e di failure considerati. Infine, si motivi perché l'algoritmo di Paxos viene applicato più dell'algoritmo dei generali bizantini in uno scenario Cloud.

Domanda 2

Due robot R1 e R2 sono impiegati in una catena di montaggio per la produzione di componenti elettronici. Ogni robot è dotato di un sensore che rileva la presenza e l'identificativo del componente nello spazio sulla propria sinistra. Se è presente un componente, il robot esegue la procedura automatica *do_work(int cmp_id)* che preleva il componente, effettua la lavorazione in un tempo che dipende dall'identificativo del componente stesso (modellabile con una funzione random) e infine lo rilascia nello spazio alla propria destra. Tra i due robot R1 e R2 vi è un buffer che può contenere un solo componente in attesa di essere lavorato. Si presenti lo pseudocodice in stile C di una soluzione per l'attività della catena di montaggio, spiegando quali funzioni e costrutti dell'API Pthreads esaminati durante il corso possono essere usati per risolvere il problema.

Domanda 3

Si spieghi il protocollo di commit a due fasi (2PC). Cosa accade quando tutti i partecipanti sono pronti ad effettuare il commit ma il coordinatore fallisce? Supponendo di dover implementare 2PC, come si potrebbe gestire la mancata ricezione della risposta di un partecipante da parte del coordinatore?

Domanda 4

Si supponga di dover realizzare un'applicazione distribuita per lo storage di file simile a Dropbox in grado di servire una vasta popolazione di utenti distribuita su scala geografica. Si presenti una possibile architettura ad alto livello di un sistema in grado di supportare tale applicazione in modo scalabile e tollerante ai guasti, discutendo vantaggi e possibili svantaggi della soluzione presentata. L'applicazione deve consentire le tradizionali operazioni di creazione, accesso, modifica e cancellazione di file; inoltre, deve consentire la condivisione di file tra gruppi di utenti. Si fornisca infine un esempio di compromesso nel design del sistema derivante dal teorema CAP.

Domanda 5

Si spieghi cosa è la sincronizzazione fisica dei clock, sotto quali ipotesi viene usata e la differenza tra sincronizzazione interna ed esterna. Si presentino inoltre gli algoritmi di Cristian e di Berkeley, evidenziandone i relativi vantaggi e svantaggi.

Domanda 3

Si spieghi il funzionamento dei seguenti algoritmi distribuiti per la sincronizzazione: Lamport distribuito e decentralizzato basato su token.

Quale è la fairness fornita dall'algoritmo di Lamport in confronto alla fairness fornita dall'algoritmo decentralizzato basato su token?

In base alle soluzioni presentate a lezione, entrambi gli algoritmi sono vulnerabili in caso di failure di un nodo. Nell'algoritmo di Lamport distribuito il nodo che sta usando la sezione critica può subire un crash e quindi bloccare indefinitamente il lock: come si può risolvere questo problema? Nel caso dell'algoritmo decentralizzato basato su token, il nodo N può cercare di passare il token al nodo N+1 ma tale nodo può aver subito un crash oppure la connessione di rete può fallire e quindi il token rimane bloccato sul nodo N: come si può risolvere questo problema?

Domanda 4

Si definisca la consistenza causale, fornendo un esempio di archivio di dati che la soddisfa. Si indichi quale grado massimo di consistenza data centrica viene soddisfatto dagli archivi di dati sottostanti, motivando la risposta.

A)

P1:	W(x)a	W(x)b		
P2:	R(x)a	W(x)c	W(y)d	
P3:	R(x)a	R(x)b	R(y)d	R(x)c

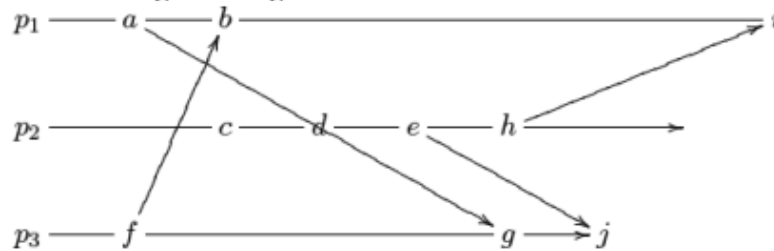
B)

P1:	W(x)a	W(x)b		
P2:	R(x)a	W(x)c	W(y)d	
P3:	R(x)a	R(x)b	R(y)d	R(x)c
P4:	R(x)c	R(y)d	R(x)a	R(x)b

2012

Domanda 1

Si spieghi cosa è un clock logico scalare e cosa è un clock logico vettoriale. Si considerino tre processi p_1, p_2 e p_3 che comunicano in base al seguente diagramma:



Si etichetti ciascun evento usando prima un clock logico scalare e poi un clock logico vettoriale. Cosa significa che due eventi sono concorrenti e quale è la relazione tra i corrispondenti clock scalari? E' possibile che due eventi abbiano lo stesso clock scalare? Se possibile, si fornisca un esempio, altrimenti se impossibile si spieghi perché. Perché occorre introdurre il clock vettoriale?

Domanda 2

E' possibile raggiungere il consenso in un gruppo di processi che possono fallire e sotto quali assunzioni? Si descriva un algoritmo per risolvere il problema dei generali bizantini. Sotto quali differenti assunzioni rispetto all'algoritmo dei generali bizantini si usa l'algoritmo di Paxos?