Poruchy

Přednášky z Distribuovaných systémů
Ing. Jiří Ledvina, CSc.

Odolnost proti poruchám

- partial failure – částečná chyba
- error isolation – ostatní komponenty nejsou zasaženy
- automatická obnova z částečných chyb

Synchronní a asynchronní systémy

- synchronní systém
  - systém reaguje do stanoveného časového intervalu
- asynchronní systém
  - u systému není zaručen časový interval, během kterého musí systém odpovědět

Odolnost proti poruchám (spolehlivost) závisí na

- dostupnost (availability)
  - část doby, během které systém splňuje svou specifikaci
  - pravděpodobnost, že je systém funkční v danou dobu
- spolehlivost (reliability)
  - Míra úspěchu se kterým systém přizpůsobí své chování k nějaké specifikaci
  - Pravděpodobnost že systém selhal během dané doby.
  - Typicky používané pro popis systémů, které nelze opravit nebo kde je kritický spolehlivý nepřetržitý provoz systému

Odolnost proti poruchám (spolehlivost) závisí na

- bezpečnost (safety)
  - Jestliže systém dočasně selže, jeho specifikace se přizpůsobí a nic katastrofického se nestane
- udržovatelnost (maintainability)
  - Míra jak snadno je možné systém opravit

Základní pojmy

- fault (porucha, nedostatek, chyba) – chyba ve vnitřních stavech komponent systému nebo v návrhu systému
- error (chyba, omyl, odchylka) – část stavu systému, která může vézt k poruše.
- failure (selhání) – odchylka z chování, které je popsané v jeho specifikaci
- erroneous state (chybový stav) – takový vnitřní stav systému, při kterém existují okolnosti, za nichž další zpracování normálním algoritmem povede k selhání (failure), které není

Závislosti

- Fault (porucha) → error (chyba) → failure (selhání)

Typy poruch

- stálé poruchy (Hard faults)
  - stálá (permanent) – pokračování po opravě komponenty – programové, technické chyby
  - výsledná selhání jsou označována jako "tvrdá"
- dočasné poruchy (Soft faults)
  - přechodné nebo občasné
  - přechodná (transient) – objeví se a zmizí – opakování operací
  - občasný (intermittent) – obtížně diagnostikovatelný – chybný kontakt
  - představují více než 90% všech chyb
  - výsledná selhání jsou označována jako "měkká"

Zpracování chyb

- prevence (preventing)
- odstranění (removing)
- předpovídání (forecasting)

Odolnost proti poruchám (fault tolerance)

- systém může provádět služby, vedoucí k prevenci chyb

Typy selhání (failure)

- zhroucení (crash) – server se zastaví, dokud se nezastavil, pracoval dobře
- vynechání (omission) – server neodpoví na příchozí požadavek
  - při příjmu – server chybuje při příjmu
  - při posílání – server chybuje při vysílání
- časování – reakce je mimo časový interval
- chybná reakce – server odpovídá nekorektně
  - chybná hodnota – chybná hodnota v odpovědi
  - chybná změna stavu – odchylka od korektního postupu řízení
- svévolná (arbitrary) – libovolné odpovědi v libovolnou dobu – Byzantinské chyby

Fail silent systems

- server nedává najevo své problémy
- ostatní mohou reagovat nekorektně (zastavení serveru)

Fail-safe server (zabezpečený proti poruše)

- server produkuje náhodné výstupy
- rozpoznatelný ostatními procesy

Maskování chyb a redundance

- cílem je skrýt výskyt selhání (failure)
- informační (datová) redundance – replikace nebo redundantní kódování dat - obnova (Hammingovy kódy), parita v paměti,
- časová redundance – násobné provádění
  - opakování přenosu, timeout
- fyzikální redundance – komponenty navíc – hardware, software
  - práce s redundantními komponentami, nikoliv s daty
  - odolnost vůči ztrátě nebo poruchám komponent
  - násobné fyzické komponenty ($P_n = p^n$)
  - nadbytečné procesy podobným významem

Process resilience (pružnost, elastičnost)

- ochrana proti selhání procesů – replikace procesů do skupin
- organizování několika identických procesů do skupin
- zprávy ve skupině přijímají všechny procesy
- skupina může být
  - statická
  - dynamická (join, leave, destroy – group management
- proces může být členem několika skupin

Process resilience (pružnost, elastičnost)

- organizace skupiny může být
  - plochá (flat) – neexistuje centrální prvek, komplikované
  - hierarchická – ztráta koordinátora znamená zhroucení
- členství ve skupinách
  - server skupiny – jednoduché, centrální prvek
  - distribuované – spolehlivé skupinové doručování
- problém – opuštění skupiny – není indikováno zhroucení
  - testování přítomnosti procesů
  - ale zpožděná odpověď
  - opouštění (leave) a připojování (join) musí být synchronní
  - znovuvytvoření skupiny – může iniciovat jakýkoliv proces

Maskování poruch a replikace

- skupina procesů – může maskovat poruchy (identické procesy) – replikace procesů
- dva způsoby řešení
  - primary backup protocols
  - replicated write protocols

Maskování poruch a replikace

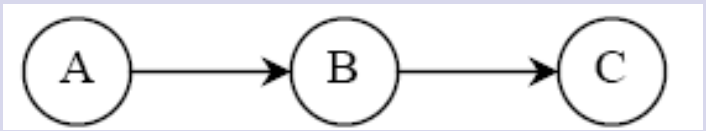
- primary backup protocols
  - hierarchické uspořádání (primary, backup)
  - primary koordinuje všechny operace zápisu
  - výpadek se indikuje
    - primary - periodickým vysíláním zprávy (žiji)
    - backup – dotazovací zprávou (žiješ?)
    - problém s nastavením timeoutu (asynchronní systém)
  - pokud se primary zhroutí, backup – vyvolání algoritmu výběru – volba nového primary
  - procesy jsou organizovány hierarchicky

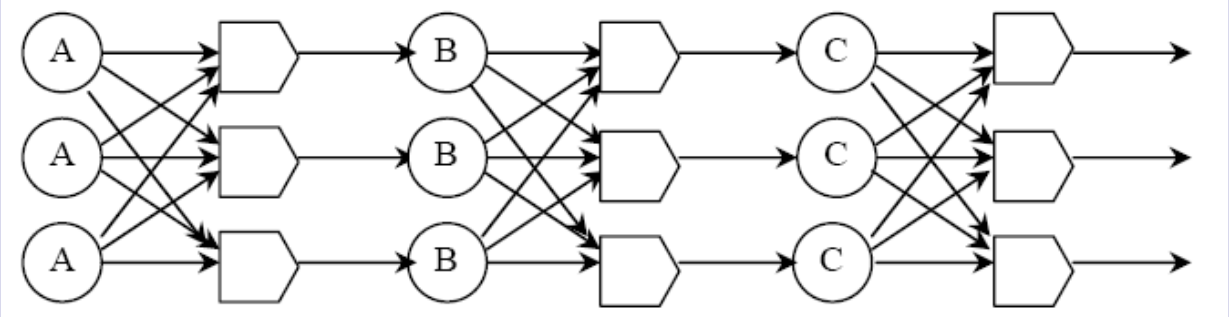
Maskování poruch a replikace

- replicated write protocols
  - používá aktivní replikaci nebo protokoly založené na hlasování
  - ploché (flat) skupiny – protokoly založené na hlasování pro realizaci oprav
  - neexistuje úzké místo vzhledem k chybám

Př. Aktivní replikace

- Např. trojnásobná modulární redundance





Skupiny procesů a tolerance chyb

- kolik je třeba replikovat procesů
- systémy s replikací zápisu – pouze zapisují (zjednodušeně)
  - systém je k-odolný proti poruchám – může přežít chybu v k-komponentách
  - stačí k+1 komponent – k nefunguje, ale jeden stačí
- Byzantinské chyby
  - pro systém k-odolný proti poruchám musí být 2k+1 procesů
  - k – produkuje chybnou odpověď
  - k+1 – produkuje správnou odpověď
  - řešení pomocí hlasování a majority
  - neví se ale kolik procesů selhalo

Dohoda v systémech s poruchami

- náhrada hlasování
- replikované procesy mají dosáhnout dohody
  - výběr koordinátora
  - rozhodnutí o provedení/zrušení transakce
  - rozdělování úloh mezi dělníky
  - synchronizace
- základní cíl
  - bezchybné procesy musí dosáhnout dohody v konečném počtu kroků

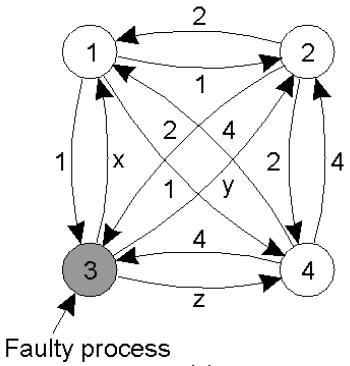
Dohoda v systémech s poruchami

- slavný problém – problém dvou armád
  - dosažení dohody pomocí jednobitové informace
  - dosažení dohody o započetí útoku
  - komunikace nespolehlivým/spolehlivým kanálem
- dva základní případy pro řešení
  - generálové – bez chyby, komunikace nespolehlivá – nemá řešení
  - generálové s chybami, komunikace spolehlivá – problém Byzantinských generálů
  - výsledek – pro 3k+1 procesů musí být 2k+1 korektních
  - není-li spolehlivá komunikace, musí být všechny procesy v pořádku

Byzantinští generálové

- Problém Byzantinských generálů pro tři věrné a jednoho zrádce.
  - Generálové oznamují sílu svých baterií (v jednotkách 1000 vojáků).
  - Vektory vytvořené generály na základě (a).
  - Vektory které každý generál obdrží ve kroku 3.

Byzantinští generálové



(a)

1 Got(1, 2, x, 4)
2 Got(1, 2, y, 4)
3 Got(1, 2, 3, 4)
4 Got(1, 2, z, 4)

(b)

1 Got	2 Got	4 Got
(1, 2, y, 4)	(1, 2, x, 4)	(1, 2, x, 4)
(a, b, c, d)	(e, f, g, h)	(1, 2, y, 4)
(1, 2, z, 4)	(1, 2, z, 4)	(i, j, k, l)

(c)

Obnova po chybě

- redundantnost pomáhá odstranit chyby "za běhu"
- chyby se stávají transparentní vzhledem k okolí
- netransparentní zajištění systému proti chybám – obnova po chybě (failure recovery)
- kontrolní body (checkpoint) – periodické ukládání stavu
  - koordinované (synchronizované hodiny, blokování)
  - nekoordinované
- logování (logging) – zaznamenávání operací se stavem
  - synchronní, asynchronní

Proces obnovy

- host obnovený do předchozího stavu musí opakovat všechny operace až do místa chyby
- musí poslat duplicitní zprávy
- ostatní musí být schopni rozpoznat duplicitní zprávy a zahazovat je
- ostatní host systémy se také musí vrátit do předchozího stavu (kaskádní rollback)
- všechny systémy se musí dostat do téhož stavu (recovery line)

Incarnation Numbers (etapa)

- sekvenční inkarnační čísla
- každé období je jimi charakterizováno
- jsou přítomna v každé zprávě
- v systému jsou zapamatována ve stálé paměti
- pokud se systém probouzí (převtěluje), zasílá všem nové inkarnační číslo
  - < - duplicitní zpráva, zahodit
  - > - čekej na zprávy pro obnovu
  - = zpracuj zprávu

Kontrolní body