

ZFS

Siste ord innen filsystemer

Trond Endrestøl

Fagskolen Innlandet, IT-avdelingen

3. januar 2014

- Filene til foredraget er tilgjengelig gjennom:
 - Subversion: `svn co svn://svn.ximalas.info/zfs-foredrag`
 - Web: svnweb.ximalas.info/zfs-foredrag
 - Begge metodene er tilgjengelig med både IPv4 og IPv6
- [zfs-foredrag.foredrag.pdf](#) vises på lerretet
- [zfs-foredrag.handout.pdf](#) er mye bedre for publikum å se på
- [zfs-foredrag.handout.2on1.pdf](#) og [zfs-foredrag.handout.4on1.pdf](#) er begge velegnet til utskrift
- *.169.pdf-filene er i 16:9-format
- *.1610.pdf-filene er i 16:10-format

- Foredraget er mekket ved hjelp av [GNU Emacs](#), [AUCTEX](#), [pdfTEX](#) fra [MiKTeX](#), [L^AT_EX](#)-dokumentklassa [beamer](#), [Subversion](#), [TortoiseSVN](#) og [Adobe Reader](#)
- Hovedfila bærer denne identifikasjonen:
`$Ximalas: trunk/zfs-foredrag.tex 10 2014-01-03 12:51:58Z trond $`
- Driverfila for denne PDF-fila bærer denne identifikasjonen:
`$Ximalas: trunk/zfs-foredrag.handout.169.tex 3 2013-12-23 13:42:53Z trond $`
- Copyright © 2013 Trond Endrestøl
- Dette verket er lisensiert med: [Creative Commons](#), [Navngivelse-DelPåSammeVilkår 3.0 Norge](#) (CC BY-SA 3.0)



Oversikt over hele foredraget

Del 1: ZFS?

- 1 Hva er ZFS?
- 2 Et eksempel på en pool
- 3 Hva er grensene til ZFS?
- 4 Hvordan virker ZFS?
- 5 ZFS og RAID-kontrollere
- 6 Hvor kommer ZFS fra?
- 7 Versjonsnummer i ZFS
 - Pool-versjonsnummer
 - Filsystem-versjonsnummer
- 8 Fremtiden for ZFS?

- 9 Administrasjon av ZFS
 - zpool
 - zfs

- 10 Oppretting av pooler
 - Enkle pool-eksempler
 - Avanserte pool-eksempler

- 11 zpool-egenskaper

- 12 zfs-egenskaper

Del I

ZFS?

Oversikt over del 1: ZFS?

- 1 Hva er ZFS?
- 2 Et eksempel på en pool
- 3 Hva er grensene til ZFS?
- 4 Hvordan virker ZFS?
- 5 ZFS og RAID-kontrollere
- 6 Hvor kommer ZFS fra?
- 7 Versjonsnummer i ZFS
 - Pool-versjonsnummer
 - Filsystem-versjonsnummer
- 8 Fremtiden for ZFS?

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor, deretter brukervennlighet; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
 - 1 Enkeltdisker/partisjoner
 - 2 Striping (RAID 0) mellom to eller flere disker/partisjoner
 - 3 Speiling (RAID 1) mellom to eller flere disker/partisjoner
 - 4 raidz1 (RAID 5, enkel paritet) over tre eller flere disker/partisjoner
 - 5 raidz2 (RAID 6, dobbel paritet) over fire eller flere disker/partisjoner
 - 6 raidz3 («RAID 7», trippel paritet) over fem eller flere disker/partisjoner
- Visse kombinasjoner av det overstående er også mulig
- Filsystemet blir opprettet samtidig med poolen

Et eksempel på en pool

```
trond@enterprise:~>zpool status enterprise_zdata
pool: enterprise_zdata
state: ONLINE
scan: scrub repaired 0 in 2h15m with 0 errors on Wed Jan  1 07:18:51 2014
config:
```

NAME	STATE	READ	WRITE	CKSUM
enterprise_zdata	ONLINE	0	0	0
raidz1-0	ONLINE	0	0	0
ada2	ONLINE	0	0	0
ada3	ONLINE	0	0	0
ada4	ONLINE	0	0	0

```
errors: No known data errors
```

```
trond@enterprise:~>zfs get creation enterprise_zdata
NAME          PROPERTY  VALUE                SOURCE
enterprise_zdata  creation  Sun Jan  8 14:14 2012  -
```

- Kommando for status
- Poolen heter enterprise_zdata
- Består av én «vdev» («virtual device»), raidz1, striping med enkel paritet
- Medlemmene er de tre harddiskene ada2,
- Det samme gjelder for vdeven og dens tre medlemmer
- Null i telleverkene
- Siste skrubbing avsluttet 1. januar 2014, kl. 07:18:15

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool
 - Maks. 2^{56} attributter for hver fil (egentlig begrenset til 2^{48} attributter)
 - Maks. 2^{64} enheter tilknyttet en gitt pool
 - Maks. 2^{64} pooler i et og samme system
 - Maks. 2^{64} filsystemer i samme pool
 - Ref.: <http://en.wikipedia.org/wiki/ZFS>
- Vis meg det systemet som klarer å sprengre noen av disse grensene!

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - 2 Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - 3 Regner ut ny paritet for datablokkene
 - 4 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer *nå* og *senere* hvis du får strømbrydd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver komplette striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper («txg»)
- Sjekksummer brukes for alt som blir lagret
 - ZFS kontrollerer at leste data er de samme som ble skrevet
 - Oppdages avvik, leter ZFS etter alternativer
 - Finnes alternativer, enten speilkopier eller paritet, så
 - 1 Leveres korrekte data til applikasjonen, og
 - 2 Avviket korrigeres automatisk på den syke disken («resilver»)
 - Finnes ingen alternativer, så må filene restaureres fra backup

- **Ikke** bruk ZFS sammen med RAID-kontrollere!
- RAID-kontrolleren kan i verste fall motarbeide ZFS
 - RAID-kontrolleren kan finne på å
 - Stokke om på skriverekkefølgen
 - Utsette skiving av nye data
 - Har du skifta batteriet i RAID-kontrolleren?
- Sett RAID-kontrolleren i JBOD-modus, eller
- La hver harddisk være sitt enslige RAID 0-volum

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001 og første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007
- Linux' GPL v2-lisens kompliserer import av ZFS
 - ZFS i Linux gjennom FUSE gjenstår som en (treg) mulighet
 - Brian Behlendorf ved Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) har laget «Native ZFS for/on Linux»
- ZFS var tilgjengelig i Mac OS X 10.5, bare read-only, men har vært tilbaketrasket siden oktober 2009
- Noen Mac OS X-entusiaster har laget sine egne ZFS-varianter
- Andre OS med ZFS-støtte: OpenIndiana, FreeNAS, PC-BSD, GNU/kFreeBSD og NetBSD

- Pool-versjonene 1–28 og filsystem-versjonene 1–5 er tilgjengelig gjennom OpenSolaris og illumos
- Pool-versjonene 29-34 og filsystem-versjon 6 er bare tilgjengelig i Solaris 11 (Express)
- OpenSolaris har gått videre til feature-flags og pool-versjon 1000
- illumos har gått videre til feature-flags og pool-versjon 5000
- De fleste OS-er utenom Solaris, samarbeider om videreutviklingen av illumos-varianten
- Listene på de neste slidene er kopiert fra <http://en.wikipedia.org/wiki/ZFS>

Versjonsnummer i ZFS I

Pool-versjonsnummer

- 1 First release
- 2 Ditto Blocks
- 3 Hot spares, double-parity RAID-Z (`raidz2`), improved RAID-Z accounting
- 4 `zpool` history
- 5 `gzip` compression for ZFS datasets
- 6 "`bootfs`" pool property
- 7 ZIL: adds the capability to specify a separate Intent Log device or devices
- 8 ability to delegate `zfs(1M)` administrative tasks to ordinary users
- 9 CIFS server support, dataset quotas
- 10 Devices can be added to a storage pool as "cache devices"
- 11 Improved `zpool scrub/resilver` performance

- 12 Snapshot properties
- 13 Properties: `usedbysnapshots`, `usedbychildren`, `usedbyreservation`, and `usedbydataset`
- 14 `passthrough-x aclinherit` property support
- 15 Properties: `userquota`, `groupquota`, `userused` and `groupused`; also required FS v4
- 16 STMF property support
- 17 triple-parity RAID-Z
- 18 ZFS snapshot holds
- 19 ZFS log device removal
- 20 `zle` compression algorithm that is needed to support the ZFS deduplication properties in ZFS pool version 21, which were released concurrently
- 21 Deduplication

Versjonsnummer i ZFS III

Pool-versjonsnummer

- 22 `zfs receive` properties
- 23 slim ZIL
- 24 System attributes. Symlinks now their own object type. Also requires FS v5.
- 25 Improved pool scrubbing and resilvering statistics
- 26 Improved snapshot deletion performance
- 27 Improved snapshot creation performance (particularly recursive snapshots)
- 28 Multiple virtual device replacements
- 29 RAID-Z/mirror hybrid allocator
- 30 ZFS encryption
- 31 Improved `'zfs list'` performance
- 32 One MB block support
- 33 Improved share support
- 34 Sharing with inheritance

- ① First release
- ② Enhanced directory entries. In particular, directory entries now store the object type. For example, file, directory, named pipe, and so on, in addition to the object number.
- ③ Support for sharing ZFS file systems over SMB. Case insensitivity support. System attribute support. Integrated anti-virus support.
- ④ Properties: userquota, groupquota, userused and groupused
- ⑤ System attributes; symlinks now their own object type
- ⑥ Multilevel file system support

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana
 - FreeBSD
 - Delphix
 - iXsystems
 - Joyent
 - NetBSD
 - Nexenta
 - Linux

Del II

ZFS!

9 Administrasjon av ZFS

- zpool
- zfs

10 Oppretting av pooler

- Enkle pool-eksempler
- Avanserte pool-eksempler

11 zpool-egenskaper

12 zfs-egenskaper

- To kommandoer (med underkommandoer)
 - ① `zpool`
 - Administrasjon av lagringspoolene
 - ② `zfs`
 - Administrasjon av filsystemer, zvolumer, snapshots, kloner, m.m.
- Det finnes en tredje kommando: `zdb`
 - Brukes for å avlese de indre detaljene til ZFS
 - Bør bare brukes av eksperter ...
 - ... eller av de nysgjerrige

- `zpool add`
 - Brukes for å innføre en helt ny vdev-gruppe med harddisker/partisjoner
- `zpool attach`
 - Brukes for å tilføye en harddisk/partisjon til en eksisterende vdev-gruppe
- `zpool clear`
 - Brukes for å nullstille tellerne for lese-, skrive- og sjekksumfeil
- `zpool create`
 - Brukes for å opprette pooler
- `zpool destroy`
 - Brukes for å ødelegge pooler
- `zpool detach`
 - Brukes for å fjerne en harddisk/partisjon fra en vdev-gruppe

- `zpool export`
 - Brukes for å eksportere en pool, for senere import i samme eller et annet system
- `zpool get`
 - Brukes for å vise verdien til alle eller utvalgte `zpool`-egenskaper
- `zpool history`
 - Brukes for å vise historikken til poolen
- `zpool import`
 - Brukes for å importere en pool eller å vise en liste over pooler som kan importeres
- `zpool iostat`
 - Brukes for å vise I/O-statistikk i sann tid
- `zpool labelclear`
 - Brukes for å fjerne alle spor av ZFS' disklabels
- `zpool list`

- Brukes for å liste opp importerte pooler
- `zpool offline`
 - Brukes for å deaktivere en harddisk/partisjon
- `zpool online`
 - Brukes for (re)aktivere en harddisk/partisjon
- `zpool reguid`
 - Brukes for å tildele en ny, tilfeldig GUID til en bestemt pool
- `zpool remove`
 - Brukes for å fjerne en harddisk/partisjon
- `zpool reopen`
 - Brukes for ...
- `zpool replace`
 - Brukes for å fortelle ZFS at en harddisk/partisjon har blitt skiftet ut

- `zpool scrub`
 - Brukes for å lese gjennom alt aktivt innhold, og sjekke samsvaret mellom lagret data og lagrete sjekksummer
- `zpool set`
 - Brukes for å endre `zpool`-egenskapene
- `zpool split`
 - Brukes for å skille et speilmedlem fra resten av gruppa
- `zpool status`
 - Brukes for å vise status til poolen, dens medlemmer og deres status, og telleverkene for lese-, skrive og sjekksumfeil
- `zpool upgrade`
 - Brukes for å oppgradere poolene til nye formater, vise hvilke pooler som er utdaterte, og hvilke versjoner som er tilgjengelig i systemet

Administrasjon av ZFS I

zfs-kommandoer

- zfs allow
 -
- zfs bookmark
 -
- zfs clone
 -
- zfs create
 -
- zfs destroy
 -
- zfs diff
 -

Administrasjon av ZFS II

zfs-kommandoer

- zfs get
 -
- zfs groupspace
 -
- zfs holds
 -
- zfs hold
 -
- zfs inherit
 -
- zfs jail
 -
- zfs list

Administrasjon av ZFS III

zfs-kommandoer

-
- zfs mount
-
- zfs promote
-
- zfs receive
-
- zfs release
-
- zfs rename
-
- zfs rollback
-

Administrasjon av ZFS IV

zfs-kommandoer

- zfs send
 -
- zfs set
 -
- zfs share
 -
- zfs snapshot
 -
- zfs unallow
 -
- zfs unjail
 -
- zfs unmount

Administrasjon av ZFS V

zfs-kommandoer

-
- zfs unshare
-
- zfs upgrade
-
- zfs userspace
-

- `zpool create [opsjoner] navn-på-pool [organiseringstype] ingredienser [organiseringstype ingredienser] ...`
- Unngå å plassere mer enn 9 enheter i hver vdev
- I stedet for å stripe en pool over 20 harddisker, vurder å speile to og to harddisker i 10 grupper

Oppretting av pooler

Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
 - `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
 - `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:
 - `zpool create rpool mirror da0 da1`
- RAID 5 over tre disker:
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2`
- RAID 6 over fire disker:
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3`
- «RAID 7» over fem disker:
 - `zpool create rpool raidz3 da0 da1 da2 da3 da4`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs á 3 disker):
- `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID 6+0 (2 vdevs á 4 disker):
- `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 raidz2 da4 da5 da6 da7`
- RAID 1+5+0 (2 vdevs, 2 og 3 disker):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 raidz1 da2 da3 da4`

- size
- capacity
- altroot
- health
- guid
- version
- bootfs
- delegation
- autoreplace
- cachefile
- failmode

- `listsnapshots`
- `autoexpand`
- `dedupditto`
- `dedupratio`
- `free`
- `allocated`
- `readonly`
- `comment`
- `expandsize`
- `freeing`
- `feature@async_destroy`
- `feature@empty_bpobj`

- `feature@lz4_compress`
- `feature@multi_vdev_crash_dump`
- `feature@spacemap_histogram`
- `feature@enabled_txd`
- `feature@hole_birth`
- `feature@extensible_dataset`
- `feature@bookmarks`

- type
- creation
- used
- available
- referenced
- compressratio
- mounted
- quota
- reservation
- recordsize
- mountpoint

- sharenfs
- checksum
- compression
- atime
- devices
- exec
- setuid
- readonly
- jailed
- snapdir
- aclmode
- aclinherit

- canmount
- xattr
- copies
- version
- utf8only
- normalization
- casesensitivity
- vscan
- nbmand
- sharesmb
- refquota
- refreservation

- primarycache
- secondarycache
- usedbysnapshots
- usedbydataset
- usedbychildren
- usedbyrefreservation
- logbias
- dedup
- mlslabel
- sync
- refcompressratio
- written
- logicalused
- logicalreferenced