

ZFS

Siste ord innen filsystemer

Trond Endrestøl

Fagskolen Innlandet, IT-avdelingen

2. januar 2014

Foredragets filer I

- 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

Foredragets filer II

- 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 8 2014-01-02 11:53:00Z trond $`
- Driverfila for denne PDF-fila bærer denne identifikasjonen:
`$Ximalas: trunk/zfs-foredrag.handout.2on1.169.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 Hva er grensene til ZFS?
- 3 Hvordan virker ZFS?
- 4 ZFS og RAID-kontrollere
- 5 Hvor kommer ZFS fra?
- 6 Versjonsnummer i ZFS
 - Pool-versjonsnummer
 - Filsystem-versjonsnummer
- 7 Fremtiden for ZFS?

Oversikt over hele foredraget

Del 2: ZFS!

8 Administrasjon av ZFS

- zpool
- zfs

9 Oppretting av pooler

- Enkle pool-eksempler
- Avanserte pool-eksempler

10 zpool-egenskaper

11 zfs-egenskaper

Del I

ZFS?

Oversikt over del 1: ZFS?

- 1 Hva er ZFS?
- 2 Hva er grensene til ZFS?
- 3 Hvordan virker ZFS?
- 4 ZFS og RAID-kontrollere
- 5 Hvor kommer ZFS fra?
- 6 Versjonsnummer i ZFS
 - Pool-versjonsnummer
 - Filsystem-versjonsnummer
- 7 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; 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 disk/partisjoner
 - 3 Speiling (RAID 1) mellom to eller flere disk/partisjoner
 - 4 raidz1 (RAID 5, enkel paritet) over tre eller flere disk/partisjoner
 - 5 raidz2 (RAID 6, dobbel paritet) over fire eller flere disk/partisjoner
 - 6 raidz3 («RAID 7», trippel paritet) over fem eller flere disk/partisjoner
- Visse kombinasjoner av det overstående er også mulig

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 sprengt 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 strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper
- 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
 - Finnes ingen alternativer, så må filene restaureres fra backup

- **Ikke** bruk ZFS sammen med RAID-kontrollere!
- RAID-kontrolleren kan i verste fall motarbeide ZFS
- 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
- 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 tilbaketrukket 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

Versjonsnummer i ZFS

- 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

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 "bootfspool 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

Versjonsnummer i ZFS II

Pool-versjonsnummer

- 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

Versjonsnummer i ZFS I

Filsystem-versjonsnummer

- 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

Fremtiden for ZFS?

- 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!

Oversikt over del 2: ZFS!

- 8 Administrasjon av ZFS
 - zpool
 - zfs
- 9 Oppretting av pooler
 - Enkle pool-eksempler
 - Avanserte pool-eksempler
- 10 zpool-egenskaper
- 11 zfs-egenskaper

Administrasjon av ZFS

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

Administrasjon av ZFS I

`zpool`-kommandoer

- `zpool add`
- `zpool attach`
- `zpool clear`
- `zpool create`
- `zpool destroy`
- `zpool detach`
- `zpool export`
- `zpool get`
- `zpool history`
- `zpool import`
- `zpool iostat`

Administrasjon av ZFS II

zpool-kommandoer

- `zpool labelclear`
- `zpool list`
- `zpool offline`
- `zpool online`
- `zpool reguid`
- `zpool remove`
- `zpool reopen`
- `zpool replace`
- `zpool scrub`
- `zpool set`
- `zpool split`
- `zpool status`
- `zpool upgrade`

Administrasjon av ZFS I

zfs-kommandoer

- `zfs allow`
- `zfs bookmark`
- `zfs clone`
- `zfs create`
- `zfs destroy`
- `zfs diff`
- `zfs get`
- `zfs groupspace`
- `zfs holds`
- `zfs hold`
- `zfs inherit`

Administrasjon av ZFS II

zfs-kommandoer

- zfs jail
- zfs list
- zfs mount
- zfs promote
- zfs receive
- zfs release
- zfs rename
- zfs rollback
- zfs send
- zfs set
- zfs share

Administrasjon av ZFS III

zfs-kommandoer

- zfs snapshot
- zfs unallow
- zfs unjail
- zfs unmount
- zfs unshare
- zfs upgrade
- zfs userspace

Oppretting av pooler

- `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`

zpool-egenskaper I

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

zpool-egenskaper II

- autoexpand
- dedupditto
- dedupratio
- free
- allocated
- readonly
- comment
- expandsize
- freeing
- feature@async_destroy
- feature@empty_bpobj
- feature@lz4_compress

zpool-egenskaper III

- feature@multi_vdev_crash_dump
- feature@spacemap_histogram
- feature@extensible_dataset

zfs-egenskaper I

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

zfs-egenskaper II

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

zfs-egenskaper III

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

zfs-egenskaper IV

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