

# ZFS

Siste ord innen filsystemer

Trond Endrestøl

Fagskolen Innlandet, IT-avdelingen

23. desember 2013

- Filene til foredraget er tilgjengelig gjennom:
  - Subversion: `svn co svn://svn.ximalas.info/zfs-foredrag`
  - Web: [svnweb.ximalas.info/zfs-foredrag](http://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<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X](#)-dokumentklassa [beamer](#), [Subversion](#), [TortoiseSVN](#) og [Adobe Reader](#)
- Hovedfila bærer denne identifikasjonen:  
`$Ximalas: trunk/zfs-foredrag.tex 6 2013-12-23 19:29:45Z  
trond $`
- Driverfila for denne PDF-fila bærer denne identifikasjonen:  
`$Ximalas: trunk/zfs-foredrag.foredrag.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 Fremtiden for ZFS?

### 7 Administrasjon av ZFS

### 8 Oppretting av pooler

- Enkle pool-eksempler
- Avanserte pool-eksempler

# Del I

## Del 1: 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 Fremtiden for ZFS?

# Hva er ZFS?



# Hva er ZFS?

- ZFS er både

# Hva er ZFS?

- ZFS er både

- ① Logisk volumhåndterer

(Logical Volume Manager, LVM)

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - ① Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - ② Filsystem med snapshots og kloner
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
  - ① Enkeltdisker/partisjoner

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner
- 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

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner
- 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



# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner
- 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) over tre eller flere disker/partisjoner

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner
- 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) over tre eller flere disk/partisjoner
  - 5 raidz2 (RAID 6) over seks eller flere disk/partisjoner

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner
- 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) over tre eller flere disker/partisjoner
  - 5 raidz2 (RAID 6) over seks eller flere disker/partisjoner
  - 6 raidz3 («RAID 7») over ni eller flere disker/partisjoner

# Hva er ZFS?

- ZFS er både
  - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
  - 2 Filsystem med snapshots og kloner
- 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) over tre eller flere disk/partisjoner
  - 5 raidz2 (RAID 6) over seks eller flere disk/partisjoner
  - 6 raidz3 («RAID 7») over ni eller flere disk/partisjoner
- Visse kombinasjoner av det overstående er også mulig

# Hva er grensene til ZFS?

# Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs

# Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
  - 128-bit diskadresser

# Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
  - 128-bit diskadresser
  - Maks.  $2^{48}$  poster i hver katalog



# 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

# 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

# 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

# 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)

# 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

# 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

# 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

# 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
- Vis meg det systemet som klarer å sprengre noen av disse grensene!



# Hvordan virker ZFS?

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbrudd mellom 1 og 3?

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbrudd mellom 1 og 3?
    - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbrytning mellom 1 og 3?
    - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig



# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbrytning mellom 1 og 3?
    - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbrytning mellom 1 og 3?
    - 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

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbrudd mellom 1 og 3?
    - 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

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - ② Regner ut ny paritet
  - ③ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbrudd mellom 1 og 3?
    - 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

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbryt mellom 1 og 3?
    - 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

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strømbrudd mellom 1 og 3?
    - 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

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strøbrudd mellom 1 og 3?
    - 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
    - 1 Leveres korrekte data til applikasjonen, og

# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strøbrudd mellom 1 og 3?
    - 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
    - 1 Leveres korrekte data til applikasjonen, og
    - 2 avviket korrigeres automatisk på den syke disken



# Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til typiske RAID-kontrollere
  - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
  - 2 Regner ut ny paritet
  - 3 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
    - Hva skjer hvis du får strøbrudd mellom 1 og 3?
    - 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
    - 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!

# ZFS og RAID-kontrollere

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

# ZFS og RAID-kontrollere

- **Ikke** bruk ZFS sammen med RAID-kontrollere!
- I verste fall kan RAID-kontrolleren motarbeide ZFS
- Sett kontrolleren i JBOD-modus, eller

# ZFS og RAID-kontrollere

- **Ikke** bruk ZFS sammen med RAID-kontrollere!
- I verste fall kan RAID-kontrolleren motarbeide ZFS
- Sett kontrolleren i JBOD-modus, eller
- la hver disk være sitt enslige RAID 0-volum

# Hvor kommer ZFS fra?

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.



# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- ZFS → Solaris, oktober 2005

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- 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

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- 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

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- 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»



# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- 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

# Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeff Bonwick og kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- 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
- Andre OS med ZFS-støtte: OpenIndiana, FreeNAS, PC-BSD, GNU/kFreeBSD og NetBSD

# Fremtiden for ZFS?

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle



# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle
  - illumos

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle
  - illumos
  - OpenZFS

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle
  - illumos
  - OpenZFS
  - FreeBSD

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle
  - illumos
  - OpenZFS
  - FreeBSD
  - Delphix

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle
  - illumos
  - OpenZFS
  - FreeBSD
  - Delphix
  - iXsystems

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle
  - illumos
  - OpenZFS
  - FreeBSD
  - Delphix
  - iXsystems
  - Joyent

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle
  - illumos
  - OpenZFS
  - FreeBSD
  - Delphix
  - iXsystems
  - Joyent
  - NetBSD

# Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, 27. januar 2010
- Oracle ville gjøre OpenSolaris om til «ClosedSolaris»
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, 90 dager etter den avgjørelsen
- ZFS lever videre hos
  - Oracle
  - illumos
  - OpenZFS
  - FreeBSD
  - Delphix
  - iXsystems
  - Joyent
  - NetBSD
  - Nexenta



# Del II

## Del 2: ZFS!

## 7 Administrasjon av ZFS

## 8 Oppretting av pooler

- Enkle pool-eksempler
- Avanserte pool-eksempler

# Administrasjon av ZFS

- To kommandoer (med underkommandoer):

- To kommandoer (med underkommandoer):
  - 1 zpool

- To kommandoer (med underkommandoer):
  - 1 `zpool`
  - 2 `zfs`

# Administrasjon av ZFS

- To kommandoer (med underkommandoer):
  - 1 `zpool`
  - 2 `zfs`
- Det finnes en tredje kommando for de nysgjerrige: `zdb`

# Administrasjon av ZFS

- To kommandoer (med underkommandoer):
  - 1 `zpool`
  - 2 `zfs`
- Det finnes en tredje kommando for de nysgjerrige: `zdb`
  - Brukes for å avlese indre ZFS-detalljer



# Oppretting av pooler

# Oppretting av pooler

- `zpool create [opsjoner] navn-på-pool  
[organiseringstype] ingredienser [organiseringstype  
ingredienser] ...`

# Oppretting av pooler

- `zpool create [opsjoner] navn-på-pool  
[organiseringstype] ingredienser [organiseringstype  
ingredienser] ...`
- Unngå å plassere mer enn 9 enheter i hver vdev

# 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

# Oppretting av pooler

## Enkle pool-eksempler

- Singledisk:

# Oppretting av pooler

## Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
- `zpool create rpool da0`

# Oppretting av pooler

## Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
- `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:



# Oppretting av pooler

## Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
  - `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
  - `zpool create rpool da0 da1`

# 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:

# 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`

# 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:

# 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`

# 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 seks disker:

# 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 seks disker:
  - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 da4 da5`

# 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 seks disker:
  - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 da4 da5`
- «RAID 7» over ni disker:



# 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 seks disker:
  - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 da4 da5`
- «RAID 7» over ni disker:
  - `zpool create rpool raidz3 da0 da1 da2 da3 da4 da5 da6 da7 da8`

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

- RAID ?:

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

- RAID ?:
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID ?:

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID ?:
- `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs):
- `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`



# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs):
- `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID ?:

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs):
- `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID ?:
- `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 raidz2 da4 da5 da6 da7`

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

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

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

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

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

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

# Oppretting av pooler

## Avanserte pool-eksempler

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