



RAS-geheugentechnologie voor HPE ProLiant/Synergy/Blade Gen10-servers met Intel Xeon schaalbare processors

Contents

Inleiding	2
Waarom is RAS nodig?.....	2
RAS-geheugentechnologie in HPE ProLiant/Synergy/Bladeservers.....	3
HPE Fast Fault Tolerance.....	3
Advanced ECC-ondersteuning	4
'Online spare' met Advanced ECC-ondersteuning.....	5
Geheugen-mirroring met Advanced ECC-ondersteuning	5
Memory scrubbing (Patrol en Demand)	7
Tot slot.....	8

Inleiding

Geheugenfouten die niet worden gecorrigeerd leiden tot service-events of in het slechtste geval tot een servercrash. Moderne servers werken met steeds grotere geheugenarrays met steeds meer capaciteit, wat de kans op een geheugenstoring vergroot. Naast storingen in opslagsystemen zijn geheugenstoringen een van de meest voorkomende soorten storingen bij servers. HPE ProLiant Gen10-servers met Intel® Xeon® schaalbare processors werken daarom met steeds completere RAS-functies om de betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudsmogelijkheden van het geheugen te verbeteren. Deze functies zijn in drie categorieën onderverdeeld:

- Foutdetectie en -correctie
- Redundantie en herstelvermogen
- Onderhoud

Deze whitepaper bevat een kort overzicht van specifieke RAS-geheugentechnologieën in HPE ProLiant Gen10-servers, hun specifieke kenmerken, de minimumeisen en hoe u deze functies kunt gebruiken. Gebruik deze informatie om de RAS-technologie te kiezen die het meest geschikt is voor uw behoeften qua workload en serviceniveau, met name bij bedrijfskritische workloads.

Opmerking

Deze whitepaper gaat uitsluitend over RAS-functies bij servergeheugen. We gaan niet in op de mogelijkheden van andere RAS-technologie uit de portfolio's van ProLiant/Synergy/Blade.

Waarom is RAS nodig?

Bedrijfstijd van de server is nog altijd een van de meest kritische aspecten van het datacenter. Het is nu eenmaal zo dat servers kunnen vastlopen door softwareproblemen, stroomstoringen of geheugenfouten. Dit zijn de drie belangrijkste categorieën geheugenfouten die we kunnen volgen en beheren: corrigeerbare fouten, niet-corrigeerbare fouten en herstelbare fouten. Kunnen bepalen of een fout wel of niet corrigeerbaar is, is volledig afhankelijk van de capaciteiten van de geheugencontroller.

Corrigeerbare fouten zijn per definitie fouten die door de chipset kunnen worden gedetecteerd en gecorrigeerd. Corrigeerbare fouten zijn meestal fouten van één bit (single-bit errors). Alle HPE servers zijn in staat om single-bit errors te detecteren en te corrigeren, en bieden Advanced ECC-ondersteuning (Error-Correcting Code). Op HPE-systemen wordt de gebruiker gewaarschuwd op het moment dat een DIMM de drempelwaarde voor corrigeerbare fouten overschrijdt (het maximaal aantal corrigeerbare fouten dat in een bepaald tijdsbestek toegestaan is), ofwel met lampjes op het hoofdpaneel of moederbord (indien beschikbaar) ofwel in het HPE Integrated Management Log (IML).

Niet-corrigeerbare fouten zijn fouten die door de chipset wel kunnen worden gedetecteerd maar niet gecorrigeerd. Dit zijn altijd geheugenfouten van meer dan één bit (multi-bit errors). De fout wordt geregistreerd in het IML-logboek. Niet-corrigeerbare fouten zijn meestal beperkt tot één DIMM. Niet-corrigeerbare fouten leiden meestal meteen tot een crash of het afsluiten van het systeem. In sommige gevallen, wanneer het besturingssysteem dit ondersteunt en geavanceerdere processorvarianten worden gebruikt (Intel Xeon Platinum en Gold), resulteren niet-corrigeerbare fouten niet in een crash van het systeem. Dit noemen we herstelbare fouten (recoverable errors). Informeer voor meer informatie over fouterstel bij de leverancier van uw besturingssysteem.

DRAM-fouten doen zich meestal voor in twee verschillende soorten: 'hard errors' en 'soft errors'.

- **Hard errors** wijzen meestal op een probleem met de DIMM zelf. Hoewel harde corrigeerbare fouten worden gecorrigeerd door het systeem zelf en niet tot uitvaltijd of datacorruptie leiden, wijzen ze nog wel op een hardwareprobleem. Hard errors leiden er doorgaans toe dat een DIMM de drempel voor corrigeerbare fouten van het HPE-systeem overschrijdt. De gebruiker wordt voor deze fouten gewaarschuwd.
- **Soft errors** wijzen niet op DIMM-problemen. Deze doen zich voor wanneer de data en/of ECC-bits in de DIMM fout zijn, maar de fout verdwijnt zodra de data en/of ECC-bits in de DIMM zijn gecorrigeerd. Bij soft errors in een DIMM wordt de drempel voor corrigeerbare fouten van het HPE-systeem meestal niet overschreden. Er wordt dan ook geen hardwareprobleem gemeld.

Elke soort fout kan er, indien niet correct afgehandeld, uiteindelijk toe leiden dat het systeem wordt afgesloten. In de begindagen van de server was gewone ECC genoeg om de meeste DRAM-fouten te verhelpen. Bij moderne servers is de uitdaging veel groter. Om de stabiliteit en bedrijfstijd van servers hoog te houden, is extra RAS-functionaliteit nodig. Het is belangrijk om te weten dat kritieke fouten vermijden een crash van het hele systeem kan voorkomen. Bij regulier onderhoud wordt defecte geheugenapparatuur vervangen. RAS-technologie kan ook zien of een DRAM-apparaat op een DIMM last heeft gehad van meerdere soft errors en kan vervolgens vervanging aanraden voordat er een echt defect is.



RAS-geheugentechnologie in HPE ProLiant/Synergy/Bladeservers

Hierna wordt een beschrijving gegeven van de functionaliteit van specifieke RAS-technologie.

HPE Fast Fault Tolerance

Overzicht

HPE Fast Fault Tolerance is een nieuwe RAS-functie van HPE die voor het eerst werd geïntroduceerd in [HPE Gen10 servers](#) met Intel Xeon schaalbare processors. Deze servers met HPE SmartMemory en HPE Fast Fault Tolerance bieden een extra beschermingslaag tegen geplande uitvaltijd van de server en servercrashes. HPE Fast Fault Tolerance is een verbeterde versie van Adaptive Double Device Data Correction (ADDDC) en is het resultaat van samenwerking tussen Intel® en Hewlett Packard Enterprise. HPE Fast Fault Tolerance heeft meer reservegebieden (een deel van het geheugen dat alleen dient om slechte geheugengebieden te vervangen) en meer opties om anders om te gaan met slecht geheugen. Dit resulteert in een significant hogere betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het geheugen, ten opzichte van wat de rest van de sector kan bieden met alleen ADDDC.

Kenmerken

In vroegere generaties (ProLiant) servers werd als meest geavanceerde vorm van geheugenbescherming Double Device Data Correction (DDDC) toegepast. Het grootste probleem hiermee was echter dat deze technologie tijdens het opstarten moest worden ingeschakeld en, indien ingeschakeld, tot een significant lagere doorvoercapaciteit leidde. Klanten moesten kiezen tussen herstelvermogen en prestatie. HPE Fast Fault Tolerance biedt een significante verbetering ten opzichte van DDDC: het biedt de voordelen van betere prestatie van SDDC met de beschikbaarheid van DDDC. HPE Fast Fault Tolerance laat het systeem opstarten met maximale geheugenprestaties en plaatst slechts kleine delen van het geheugen (geheugenbanken) in 'lockstep' wanneer dat nodig is om fouten te corrigeren. Dit resulteert in significant hogere prestaties dan met DDDC. Wanneer het defecte deel groter is dan een hele geheugenbank, is mogelijk een meer omvangrijke negatieve impact op de prestatie waarneembaar.

Samenvatting:

- HPE Fast Fault Tolerance kan maximaal twee DRAM-storingen aan (detectie en correctie).
- De RAS-functie combineert het herstelvermogen van DDDC met de prestatie van SDDC.

Minimumeisen

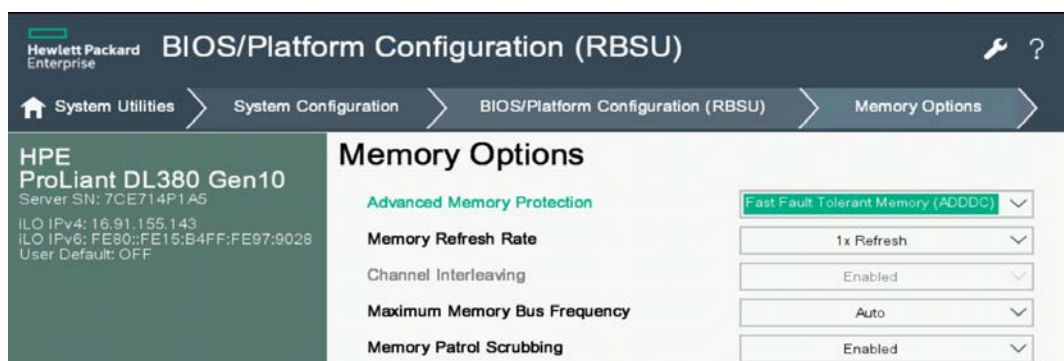
Per geïnstalleerd kanaal moeten er minimaal twee ranks zijn. Verder kan alleen HPE SmartMemory in een x4 installatie worden gebruikt.

HPE Fast Fault Tolerance inschakelen

Vanaf ROM-versie 1.50 is HPE Fast Fault Tolerance standaard ingeschakeld voor alle Workload Profiles behalve het Low Latency Profile. Bij alle eerdere ROM-versies is HPE Fast Fault Tolerance alleen standaard ingeschakeld als het 'mission-critical' profiel wordt geselecteerd in de ROM-Based Setup Utility (RBSU). Ongeacht de ROM-versie kan HPE Fast Fault Tolerance op Gen10-servers altijd worden ingeschakeld op het moment van aanschaf (zie de [beknopte specificaties](#) van dit platform).

HPE Fast Fault Tolerance kan worden in- en uitgeschakeld op elke Gen10-server via RBSU of de HPE RESTful API. Om de standaardinstelling in het Workload Profile aan te passen, moet eerst dat gewenste Workload Profile worden geselecteerd en veranderd in 'Custom'. Op dat moment kan HPE Fast Fault Tolerance worden in- of uitgeschakeld bij Advanced Memory Protection in het menu Memory Options.

Hoe HPE Fast Fault Tolerance precies moet worden geconfigureerd, verschilt per serverserie maar er is geen ondersteuning vanuit het besturingssysteem of speciale software buiten het BIOS nodig.



Afbeelding 1. HPE Fast Fault Tolerance ingeschakeld in RBSU



Technische gegevens

Nu is het zo dat de server voor HPE Fast Fault Tolerance moet draaien in 'closed-page'-modus. Bij sommige taken neemt de doorvoer dan iets af. Closed-page levert geen significant prestatieverlies op bij willekeurige geheugentoeegang (bijvoorbeeld bij SQL of andere databases). Wel is er een prestatieverlies bij sequentiële geheugentoeegang (bijvoorbeeld bij datastromen).

Als er een DRAM-storing optreedt is er ook een minimale prestatieafname wat doorvoer betreft, maar alleen in het meestal heel kleine geheugengebied waar de storing zich voordoet (een geheugenbank is het meest gebruikelijk). Bij willekeurige geheugentoeegang wordt geen significant verlies verwacht, aangezien het gebied in lockstep minder vaak wordt benaderd. Het verlies kan significant zijn als u 'rank level virtual lockstep' heeft of als een applicatie het gebied vaak benadert voordat de DIMM wordt vervangen. De globale afname van de doorvoer met HPE Fast Fault Tolerance zou bij de meeste klanten minimaal moeten zijn. Het is echter afhankelijk van de precieze applicatie, de omvang van het getroffen gebied en de precieze geheugenconfiguratie.

Advanced ECC-ondersteuning

Overzicht

In ROM-versies tot 1.50 is Advanced ECC-geheugen de standaardmodus van HPE servers. In versie 1.50 en hoger is HPE Fast Fault Tolerance de RAS-modus die standaard wordt gebruikt in alle Workload Profiles behalve het Low Latency Profile.

Gewone ECC is in staat om geheugenfouten van één bit te corrigeren en om geheugenfouten van meerdere bits te detecteren. Wanneer multi-bit errors worden gedetecteerd met gewone ECC, wordt de fout gemeld aan de server en stopt de server.

Advanced ECC is al meer dan twintig jaar de standaard toegepaste vorm van foutcorrectie in de servers van HPE. Advanced ECC beschermt de servers niet alleen tegen single-bit errors, maar ook tegen sommige multi-bit errors, met name fouten die zich voordoen in één DRAM-chip.

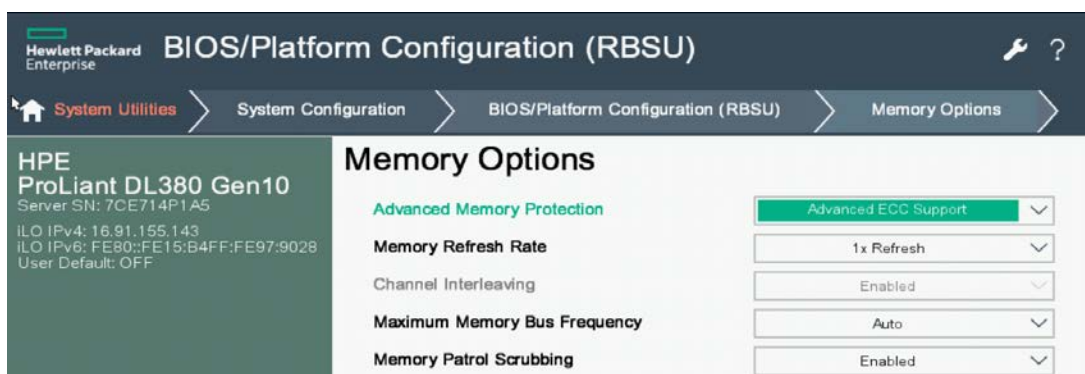
Advanced ECC kan geheugenfouten van één bit en van vier bits corrigeren als alle bitfouten zich voordoen in hetzelfde DRAM-apparaat van de DIMM. Advanced ECC biedt meer bescherming dan gewone ECC, aangezien het nu mogelijk is om bepaalde geheugenfouten te corrigeren die anders niet gecorrigeerd zouden worden en tot een storing van de server zouden leiden. Met de geavanceerde foutdetectietechnologie van HPE laat de server weten wanneer een DIMM minder goed wordt en de kans op niet-corrigeerbare geheugenfouten toeneemt.

Minimumeisen

Er zijn geen specifieke regels voor de plaatsing (volgorde) van geheugen of specifieke RBSU-instellingen nodig voor Advanced ECC-ondersteuning. Op Purley-platforms is deze functionaliteit standaard ingeschakeld.

Advanced ECC-ondersteuning inschakelen

Advanced ECC-ondersteuning is de geavanceerde vorm van geheugenbescherming die standaard is ingeschakeld in RBSU >> Memory Options.



Afbeelding 2. Advanced ECC-ondersteuning is een standaardfunctie van RBSU

Technische gegevens

Advanced ECC beschermt wel tegen storingen, maar betrouwbare correctie van multi-bit errors is alleen mogelijk als deze zich voordoen binnen een en dezelfde DRAM-chip. Advanced ECC biedt geen failover. Dit betekent dat het systeem bij een geheugenstoring moet worden afgesloten voordat vervanging van het geheugen mogelijk is. De nieuwste generatie HPE ProLiant/Synergy/Bladeservers met Intel Xeon schaalbare processors hebben geavanceerde geheugenbescherming (waaronder HPE Fast Fault Tolerance) op drie niveaus, voor een hogere fouttolerantie voor applicaties die een hogere beschikbaarheid moeten hebben.



'Online spare' met Advanced ECC-ondersteuning

Overzicht

'Online sparing' biedt bescherming tegen blijvende DRAM-storingen. Hierbij worden hoge aantallen corrigeerbare fouten bijgehouden en zo nodig wordt de inhoud van een problematische rank gekopieerd naar een beschikbare reserve-rank, voordat multi-bit of blijvende single-bit fouten kunnen leiden tot niet-corrigeerbare fouten. De afzonderlijke foute DRAM's worden niet geïdentificeerd of uitgeschakeld, wel wordt de DIMM-rank uitgeschakeld. Aangezien een DIMM-rank nodig is voor sparing, vermindert deze techniek de beschikbare hoeveelheid geheugen met de hoeveelheid die dient voor sparing. Sparing kan maar één storing per kanaal aan. Ranks binnen een DIMM die waarschijnlijk een onherstelbare/niet-corrigeerbare geheugenfout zullen krijgen, worden automatisch uit gebruik genomen, wat de uitvaltijd van het systeem beperkt. DIMM-sparing en rank-sparing zijn niet compatibel met mirroring.

Kenmerken

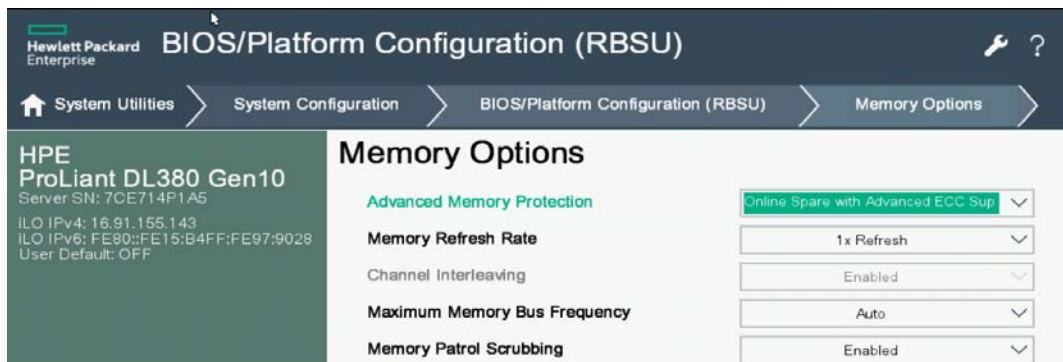
In technisch opzicht is voor sparing geen volledige DIMM nodig, tenzij een 'single-rank' DIMM wordt gebruikt. De implementatiekosten van online sparing in vergelijking met Advanced ECC liggen meestal 10% tot 50% hoger (kosten voor extra hardware).

Minimumeisen

Bij geheugenbescherming met online sparing wordt minimaal één rank van elk geheugenkanaal toegewezen als spare-geheugen. Dit betekent dat er minstens twee ranks per geïnstalleerd kanaal aanwezig moeten zijn.

Online spare inschakelen

De gebruiker configureert het systeem voor online spare in RBSU. De configuratie van online spare verschilt per serverserie, maar er is geen ondersteuning vanuit het besturingsstelsel of speciale software buiten het BIOS nodig.



Afbeelding 3. Online spare wordt geconfigureerd in RBSU

Geheugen-mirroring met Advanced ECC-ondersteuning

Overzicht

Geheugen-mirroring met Advanced ECC-ondersteuning biedt bescherming tegen niet-corrigeerbare fouten die anders tot een systeemstoring zouden leiden. Er zijn twee modi beschikbaar: volledige en gedeeltelijke mirroring van geheugen.

- **Volledig gespiegeld geheugen** houdt in dat de helft van het systeemgeheugen wordt gebruikt om een kopie van alle data te bewaren.
- **Gedeeltelijk gespiegeld geheugen** maakt het voor de gebruiker mogelijk om een kleinere hoeveelheid systeemgeheugen te reserveren voor mirroring. Deze functie wordt ondersteund bij de meer geavanceerde processorvarianten uit het Intel Xeon Platinum- en Gold-aanbod.

Als een niet-corrigeerbare fout optreedt in het met mirroring beschermde gebied, haalt het systeem de juiste data automatisch uit de redundante kopie. Het systeem blijft normaal werken zonder dat de gebruiker iets hoeft te doen. Met extra redundantie in het geheugen-subsysteem biedt geheugen-mirroring de beste bescherming tegen fouten die niet worden gecorrigeerd met ECC, SDDC, DDDC, ADDDC of online spare.

Kenmerken

Met volledig gespiegeld geheugen is slechts de helft van het geïnstalleerde geheugen bruikbaar als systeemgeheugen. Aangezien volledige geheugen-mirroring 50% van de geheugencapaciteit van het systeem in beslag neemt, is deze vorm van bescherming bedoeld voor servertaken die de allerhoogste bescherming moeten hebben tegen geheugenstoringen. Overweeg mirroring daarom voor workloads die absoluut geen uitvaltijd mogen hebben en die niet kunnen wachten op vervanging tijdens normaal geplande uitvaltijd.



Gedeeltelijke geheugen-mirroring kan door de klant zelf worden geconfigureerd en ondersteunt verschillende modi:

- Configuratie in het besturingssysteem
- Eerste 4 GB servergeheugen
- 10% of 20% van het geheugen boven 4 GB

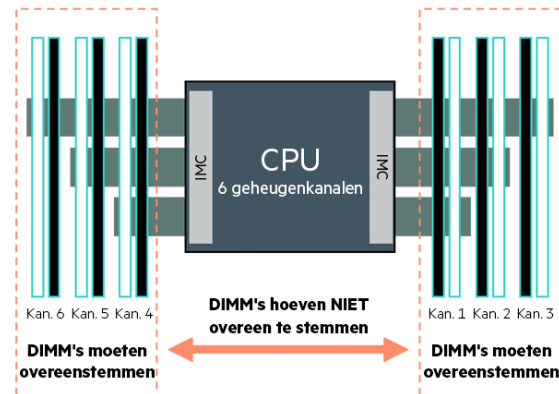
Informeer voor meer informatie over ondersteuning van gedeeltelijke geheugen-mirroring bij de leverancier van uw besturingssysteem.

Geheugen-mirroring heeft meestal maar een heel kleine impact op de prestaties. Omdat gedeeltelijke geheugen-mirroring minder geheugen in beslag neemt, liggen de implementatiekosten fors lager dan bij volledige mirroring.

Minimumeisen

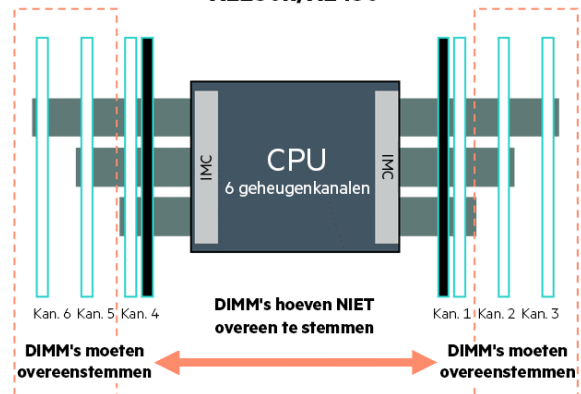
Gen10-serverplatforms ondersteunen twee verschillende vormen van volledige mirroring: over twee of drie kanalen. Bij '3-channel memory mirroring' wordt het geheugen gespiegeld over alle drie de geheugenkanalen aan elke zijde van de CPU. Bij '2-channel mirroring' vindt mirroring plaats tussen twee van de drie kanalen aan elke zijde van de CPU (2 en 3; 5 en 6). In beide modi moet voor alle gebruikte kanalen aan elke zijde van de processor volledig identiek geheugen worden gebruikt (hetzelfde aantal DIMM's, hetzelfde DIMM-type, dezelfde capaciteit). Als DIMM's worden geïnstalleerd aan beide zijden van de CPU, hoeven de DIMM's aan de ene zijde niet per se gelijk te zijn aan de andere zijde. Wel moeten ze gelijk zijn aan de andere DIMM's aan dezelfde zijde.

HPE Gen10 ProLiant DL360/DL380/DL560/DL580



Mirroring drie kanalen

HPE Gen10 ProLiant BL460c/XL170r/XL190r/XL230k/XL450



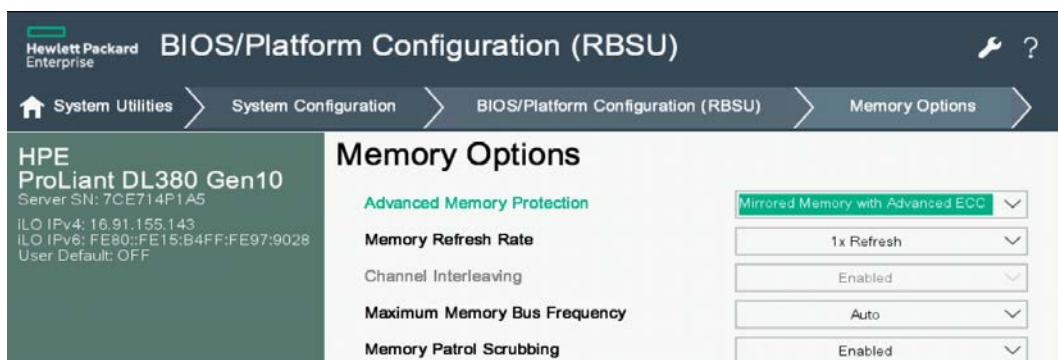
Mirroring twee kanalen

Afbeelding 4. Geheugen-mirroring bij HPE ProLiant Gen10-servers

Volledige geheugen-mirroring gebeurt in één geïntegreerde geheugencontroller (IMC). Het mirroring gebeurt niet over beide IMC's heen, maar de IMC's doen het mirroring onafhankelijk van elkaar. Gedeeltelijke geheugen-mirroring volgt dezelfde installatieregels als volledige mirroring op het platform.

Geheugen-mirroring inschakelen

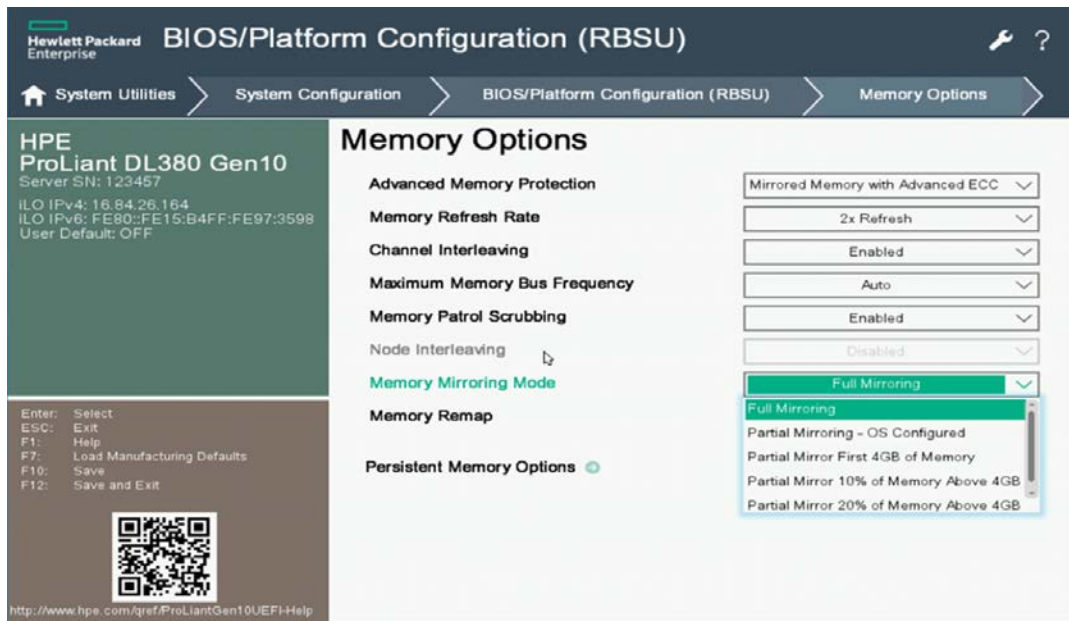
Geheugen-mirroring kan worden ingeschakeld in RBSU door de optie Advanced Memory Protection in te stellen op Mirrored Memory with Advanced ECC. Voor volledige geheugen-mirroring configureert de klant de helft van de geheugenbanken als systeemgeheugen en de rest als gespiegeld geheugen. Alle banken moeten identiek worden geconfigureerd.



Afbeelding 5. Gespiegeld geheugen ingeschakeld in RBSU



Om gedeeltelijke geheugen-mirroring te configureren moet Advanced Memory Protection worden ingesteld op Mirrored Memory with Advanced ECC en moet Memory Mirroring Mode de juiste instelling krijgen zoals aangegeven in afbeelding 6.



Afbeelding 6. Gedeeltelijke geheugen-mirroring is een geavanceerde functie die in RBSU wordt ingeschakeld

'Partial Mirroring - OS Configured' wordt slechts door enkele besturingssystemen ondersteund. Informeer voor meer informatie bij de leverancier van uw besturingssysteem.

Memory scrubbing (Patrol en Demand)

Overzicht

Memory scrubbing is een standaard RAS-functie die moet voorkomen dat soft errors zich in het geheugen ophopen en uiteindelijk een fout veroorzaken die niet meer te corrigeren is. Bij deze vorm van geheugenbescherming wordt bij elke fout die wordt gedetecteerd steeds de juiste data naar het geheugen teruggeschreven. Moderne systemen kennen twee soorten scrubbing: 'patrol scrubbing' en 'demand scrubbing'. Ze doen allebei hetzelfde: wordt een fout gevonden, dan wordt die fout in het geheugen gecorrigeerd. Het grote verschil is hoe de fout wordt gevonden. Patrol scrubbing is een soort continu, proactief (op de achtergrond) zoeken naar fouten. Demand scrubbing gebeurt alleen wanneer geheugen echt wordt uitgelezen door het besturingssysteem of de applicatie.

Kenmerken

Met patrol scrubbing ingeschakeld wordt in het systeemgeheugen proactief gezocht naar corrigeerbare fouten, waarna deze worden gerepareerd. Op deze manier wordt voorkomen dat single-bit errors zich ophopen en uiteindelijk niet meer te corrigeren zijn (bij het bereiken van de drempel voor corrigeerbare fouten) of dat single-bit errors multi-bit errors worden. Per IMC is er één patrol scrubber.

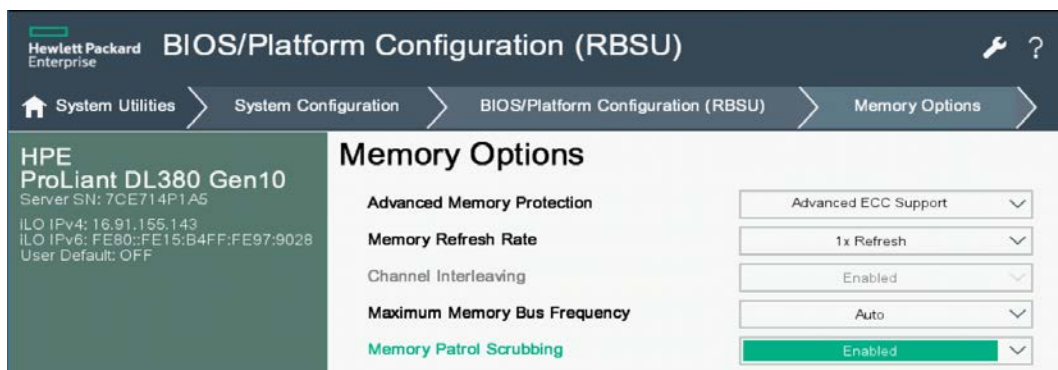
Minimumeisen

Er zijn geen specifieke regels voor de plaatsing (volgorde) van geheugen of specifieke RBSU-instellingen nodig voor patrol scrubbing. Deze vorm van geheugenbescherming is op Purley-platforms automatisch ingeschakeld en kan door de gebruiker worden uitgeschakeld. Demand scrubbing is standaard altijd ingeschakeld en uitschakelen is niet mogelijk.

Patrol scrubbing inschakelen

Standaard is deze optie ingeschakeld voor elke geavanceerde vorm van geheugenbescherming die wordt geselecteerd in RBSU >> Memory Options.





Afbeelding 7. Patrol scrubbing ingeschakeld in RBSU

Technische gegevens

Het BIOS schakelt de patrol scrubbing engine in tijdens het opstarten en bepaalt de interval waarmee wordt geschrubd. Het scrubben op zich houdt het volgende in:

- Elke cachelijn wordt eenmaal per dag uitgelezen en gecontroleerd op fouten.
- Worden fouten gevonden, dan wordt de juiste data teruggeschreven naar het geheugen.

Patrol scrubs moeten ervoor zorgen dat corrigeerbare fouten niet zo lang in het DRAM aanwezig blijven dat ze samen met een voorbijgaande fout zouden kunnen leiden tot een niet-corrigeerbare fout. Patrol scrubbing werkt in alle RAS-modi (zoals advanced ECC, mirroring en rank sparing) en helpt bij het verminderen van het aantal niet-corrigeerbare fouten.

Tot slot

De vraag naar servers met meer geheugen blijft groot. Deze behoefte vloeit voort uit het gebruik van steeds complexere en steeds geheugen-intensievere applicaties en krachtigere processors. De grote uitdaging voor serverfabrikanten is nu hoe ze deze steeds grotere geheugens betrouwbaar houden, aangezien de kans op geheugenfouten met het toenemen van de geheugendichtheid en -capaciteit alleen maar toeneemt.

Hewlett Packard Enterprise gaat deze uitdaging aan met fouttolerante geheugenbescherming, zoals 'online spare memory', 'mirrored memory' en HPE Fast Fault Tolerance. 'Online spare memory' is een goede oplossing voor klanten met locaties die geen uitval mogen hebben als gevolg van geheugenfouten maar die wel kunnen wachten tot vervanging mogelijk is tijdens geplande uitvaltijd. 'Mirrored memory' biedt een hogere beschikbaarheid met een meer fouttolerante optie om volledige bescherming te hebben tegen single-bit en multi-bit errors. HPE Fast Fault Tolerance, nieuw in HPE Gen10 ProLiant/Synergy/Blade-servers met Intel Xeon schaalbare processors, biedt klanten zowel een significant hogere betrouwbaarheid als hogere beschikbaarheid.

Deze geavanceerde vormen van HPE-geheugenbescherming maken het mogelijk om altijd een systeem te kiezen dat de gewenste beschikbaarheid biedt en de uiteindelijke oplossing van de klant betrouwbaarder maakt.



Bronnen

[Bibliotheek technische whitepapers HPE-servers](#)

[HPE-servergeheugen](#)

[HPE-geheugenconfigurator](#)

[Video HPE-servergeheugen](#)

Meer informatie is beschikbaar op

hpe.com/info/memory



Nu delen



Ontvang updates

© Copyright 2013, 2016-2019 Hewlett Packard Enterprise Development LP. De informatie in dit document kan zonder voorafgaande kennisgeving worden gewijzigd. De enige garanties voor Hewlett Packard Enterprise-producten en -services zijn vastgelegd in de uitdrukkelijke garantiebepalingen die bij dergelijke producten en services worden meegeleverd. Niets in deze documentatie kan worden opgevat als rechtgevend op extra garantie. Hewlett Packard Enterprise is niet aansprakelijk voor technische en/of redactionele fouten c.q. weglatingen in dit document.

HPE Fast Fault Tolerance is het resultaat van samenwerking tussen Intel en Hewlett Packard Enterprise.

Intel en Xeon zijn handelsmerken van Intel Corporation in de V.S. en andere landen. Alle andere merken van derden behoren toe aan hun respectieve eigenaren.

4AA4-349ONLE, januari 2019, rev. 4

