

Controle de Firmware Toshiba OptiFrame™ AI para Armazenamento de Vigilância com IA

Vigilância | S300 AI **OptiFrame™ AI**



Resumo

Os sistemas de videovigilância deixaram de ser apenas sistemas que gravam e armazenam vídeo. Hoje, eles funcionam como plataformas de dados em operação contínua. Eles gravam imagens das câmeras sem interrupção, 24 horas por dia, 365 dias por ano. Simultaneamente, recursos de IA, como detecção de objetos, reconhecimento facial e análise de comportamento, processam e analisam os dados de vídeo gravados.

Nesse cenário, os dispositivos de armazenamento, especialmente as unidades de disco rígido (HDDs), precisam lidar com dois tipos de carga de trabalho muito distintos ao mesmo tempo. A primeira consiste na gravação sequencial, longa e contínua, para o armazenamento de vídeo. A segunda envolve operações aleatórias de leitura e gravação caracterizadas pela natureza repentina e pela sensibilidade à latência, para análises de IA e acesso a metadados.

O firmware de PCs ou servidores de uso geral não foi projetado para esse tipo de carga de trabalho mista típica de vigilância. Quando a carga aumenta, podem ocorrer atrasos na gravação ou comportamento instável do cache. Isso pode aumentar o risco de perda de quadros de vídeo.

Este white paper apresenta o **OptiFrame™ AI**, uma abordagem de controle de firmware que ajusta o comportamento do HDD para corresponder a cargas de trabalho mistas de vigilância e IA. A ideia principal é simples: priorizar a "continuidade dos registros"

em nossas operações, enquanto a análise deve ser processada o mais rápido possível dentro de limites seguros.

O OptiFrame™ AI consegue isso identificando diferentes tipos de E/S e controlando cuidadosamente o uso do cache e a ordem dos comandos dentro da unidade. Como escala de referência, este documento considera sistemas com até 64 câmeras e 32 fluxos de análise de IA em execução simultânea.

1. Características das cargas de trabalho de vigilância e IA

O requisito mais básico para o armazenamento em sistemas de vigilância é a gravação ininterrupta. As câmeras transmitem dados de vídeo a uma taxa de bits fixa; portanto, o sistema de armazenamento recebe solicitações de gravação sequencial contínua por longos períodos.

Caso ocorra algum atraso ou pausa durante a gravação, quadros de vídeo podem ser perdidos. Por esse motivo, as operações de gravação possuem limites rigorosos de latência e devem ser tratadas com a mais alta prioridade.

Por outro lado, a análise por IA envolve a leitura de vídeos gravados e dados associados, como metadados. Essas operações de leitura frequentemente acessam diversos locais diferentes no disco. Isso resulta em acesso aleatório, em vez de acesso contínuo.

Quando o acesso aleatório ocorre simultaneamente às gravações contínuas, as cabeças de leitura/gravação dos HDDs precisam se movimentar com mais frequência. Isso aumenta o tempo de espera e agrava a latência de leitura e gravação.

Em sistemas onde os resultados da análise são utilizados quase em tempo real, a latência de leitura afeta diretamente o tempo de detecção. Isso significa que o desempenho tanto da gravação quanto da análise é fundamental.

Consequentemente, os sistemas de vigilância precisam lidar simultaneamente com gravações sequenciais contínuas e acessos aleatórios repentinos sensíveis à latência. A profundidade da fila aumenta, e exige-se uma operação ininterrupta (regime 24/7).

Essa carga de trabalho difere significativamente daquelas típicas de desktops, servidores ou armazenamento em nuvem. Sem um controle especializado, há uma maior probabilidade de surgimento de gargalos e comportamento instável.



2. Problemas que surgem à medida que os sistemas aumentam

À medida que o número de câmeras e de fluxos de análise por IA aumentam, o comportamento do armazenamento passa a exercer forte impacto sobre a estabilidade do sistema.

Quando as gravações e as leituras para análise ocorrem simultaneamente, as cabeças dos HDDs precisam se movimentar com frequência. Isso pode interromper a gravação contínua e reduzir a taxa efetiva de transferência.

Um problema comum é a disputa pelos recursos de cache. Quando as cargas de trabalho não são separadas, o tráfego de análise pode ocupar o espaço do buffer de gravação.

Quando isso ocorre, a unidade deixa de conseguir absorver os dados de vídeo recebidos de maneira contínua, aumentando o risco de perda de quadros.

O movimento intenso das cabeças de leitura e gravação por longos períodos também aumenta o desgaste mecânico. Os sistemas de vigilância costumam operar continuamente durante muitos anos. Por isso, a estabilidade de longo prazo e o comportamento previsível são muito importantes.

Do ponto de vista do design do sistema, o requisito mais crítico é claro: mesmo que a carga de análise aumente, a gravação deve estar sempre protegida.

Por esse motivo, o sistema de armazenamento deve gerenciar ativamente os conflitos entre gravação e análise, em vez de simplesmente processar os comandos na ordem em que chegam.



3. Conceito de controle de firmware do OptiFrame™ AI

O OptiFrame™ AI é uma estrutura de controle de firmware sensível à carga de trabalho, projetada para cargas mistas de vigilância e IA.

Em vez de tratar todas as solicitações de E/S da mesma forma, o OptiFrame™ AI as classifica com base em sua função no sistema. As regras de processamento são então alteradas de acordo com o tipo de carga de trabalho.

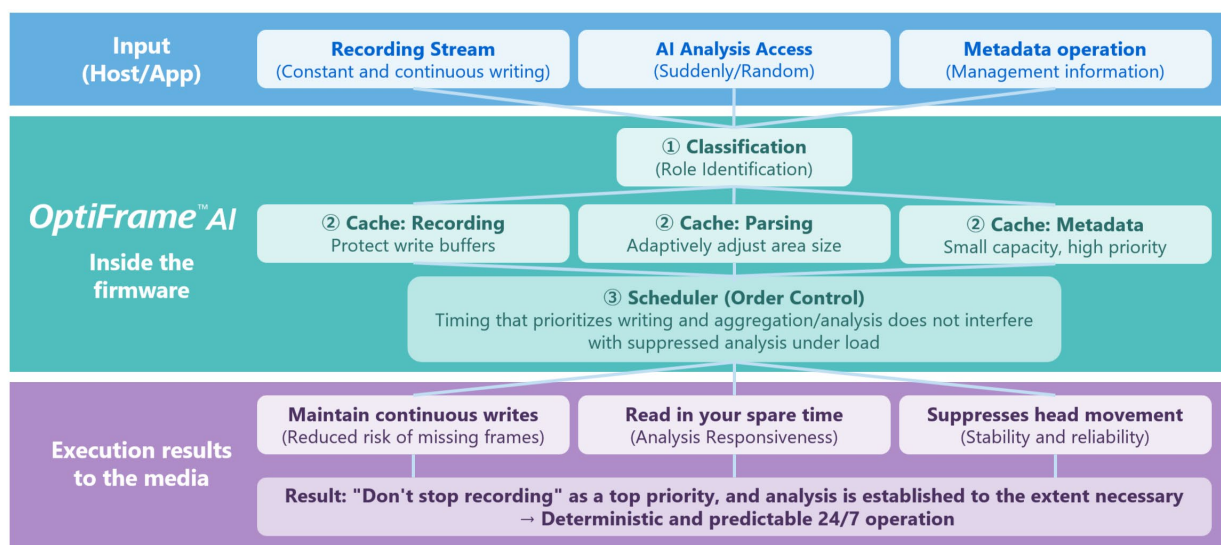
Os conceitos fundamentais do OptiFrame™ AI baseiam-se em três pontos.

- (1) **Classificação da carga de trabalho:** A E/S de entrada é identificada como gravações sequenciais de gravação (de vídeo), leituras e gravações relacionadas à análise ou operações de metadados.
- (2) **Controle de cache:** Os buffers de gravação são protegidos, enquanto o espaço de cache para análise é disponibilizado conforme a necessidade.
- (3) **Agendamento de comandos:** As gravações são agrupadas e processadas com a mais alta prioridade, enquanto as solicitações de análise são tratadas de modo a não interferir na gravação.

Todos esses controles operam internamente na unidade de armazenamento. Não é necessária nenhuma alteração no sistema host ou na aplicação.

Fluxo de Controle de E/S para identificação de funções por IA OptiFrame™ :

① Classificação → ② Cache → ③ Agendador



4. Controle de cache para proteger a gravação

Em cargas de trabalho mistas, o gerenciamento de cache é o fator que mais influencia a estabilidade.

O OptiFrame™ AI separa logicamente o uso do cache para gravação e para análise, evitando interferências entre eles.

Primeiro, reserva-se uma área de cache com prioridade de gravação para as operações de escrita contínua. Essa área é protegida para impedir que acessos aleatórios de análise a substituam facilmente.

Isso permite que os quadros de vídeo recebidos sejam aceitos de forma fluida e gravados no disco em um ritmo constante. Evitar o bloqueio da gravação é a prioridade máxima.

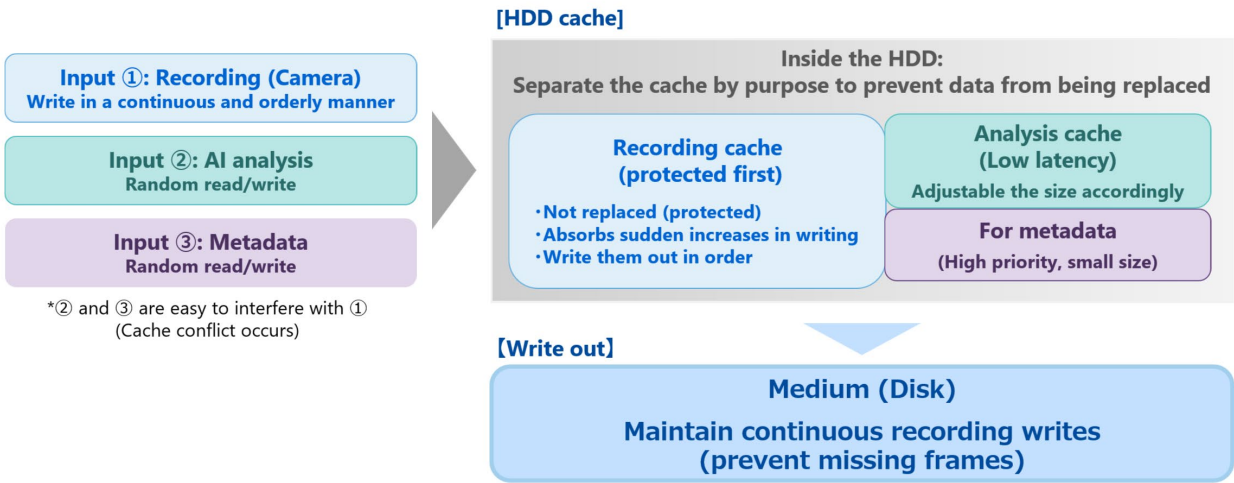
Em segundo lugar, prepara-se uma área de cache adaptativa para a análise. Essa área pode aumentar quando as operações de leitura de análise ou as atualizações de metadados se intensificam. Quando a carga de análise diminui, a área pode ser reduzida.

Além disso, utiliza-se uma pequena área de cache de alta prioridade para metadados. Isso reduz o tempo de espera por informações de controle e melhora a resposta geral do sistema.

Ao impedir que os acessos de análise invadam o buffer de gravação, o OptiFrame™ AI mantém uma taxa de transferência de gravação estável, mesmo sob carga intensa de análise.

Controle e proteção de cache

Point: Even if random access to analysis occurs, isolate and protect the recording cache so that it does not evict it.
→ Uninterrupted recording and stable write throughput



5. Agendamento de comando adaptativo

O controle de cache, por si só, não é suficiente. A ordem de execução das operações de E/S também exerce um impacto significativo no desempenho e na estabilidade.

O OptiFrame™ AI sempre prioriza ao máximo as operações de gravação sequencial. Essas gravações são agrupadas e processadas de forma contínua, sempre que possível.

Isso reduz o movimento das cabeças de leitura/gravação e ajuda a manter o fluxo de gravação estável e ininterrupto.

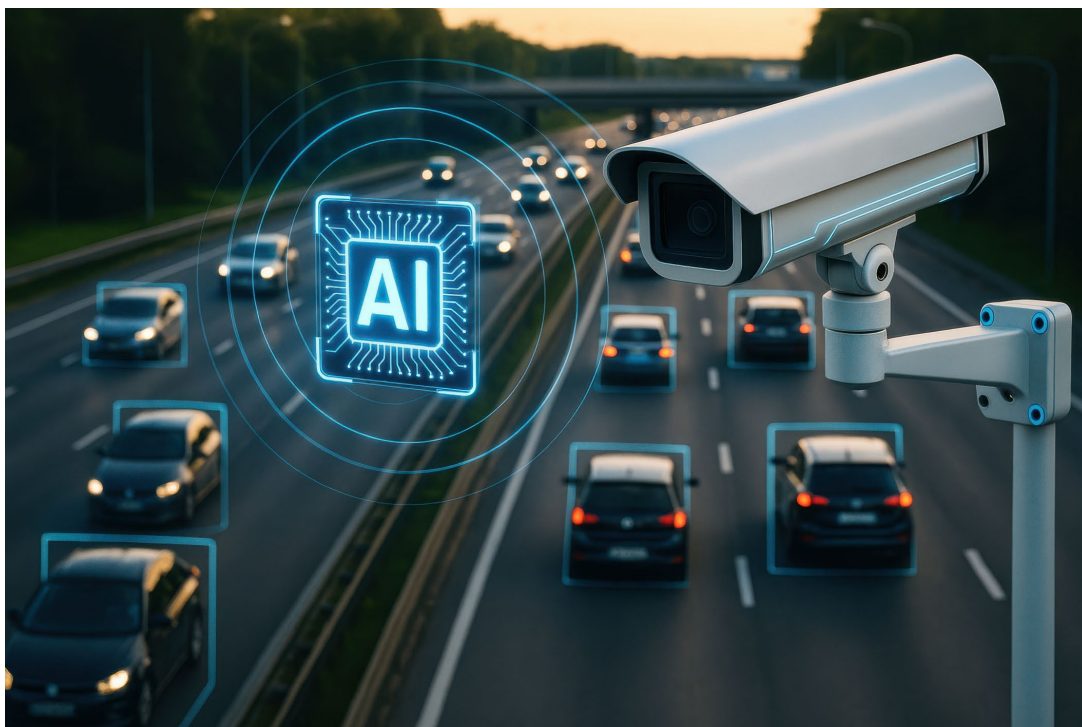
As leituras para análise e os acessos a metadados de suporte são processados em momentos que não interferem na gravação.

Caso a carga do sistema aumente e o atraso na gravação se aproxime de níveis críticos, as solicitações de menor prioridade têm seu ritmo reduzido para manter o atraso da gravação dentro de limites controlados.

Sistemas de vigilância evoluem com o tempo. Layouts de câmeras, modelos de IA e políticas de retenção são atualizados, e os padrões de acesso se modificam.

O OptiFrame™ AI ajusta continuamente parâmetros internos, como o equilíbrio do tamanho do cache, limites de agendamento e o ritmo das solicitações.

Isso permite manter um comportamento estável sem a necessidade de ajustes fixos para condições específicas.



6. Confiabilidade e operação ininterrupta

Muitos sistemas de vigilância são de missão crítica e espera-se que operem continuamente por anos.

O OptiFrame™ AI foi projetado para reduzir movimentos desnecessários da cabeça de leitura/gravação e suavizar o comportamento de gravação, mesmo sob cargas de trabalho anuais elevadas.

Ao controlar o momento do esvaziamento do cache e a ordem dos comandos, reduz-se o risco de longos tempos de recuperação durante picos de carga.

Padrões de acesso estáveis também favorecem uma melhor durabilidade mecânica, facilitando o planejamento de uma operação confiável e de longo prazo por parte dos projetistas de sistemas.

Como resultado, o OptiFrame™ AI proporciona um comportamento de armazenamento para vigilância estável, previsível e duradouro em regime de operação contínua.

7. Conclusão

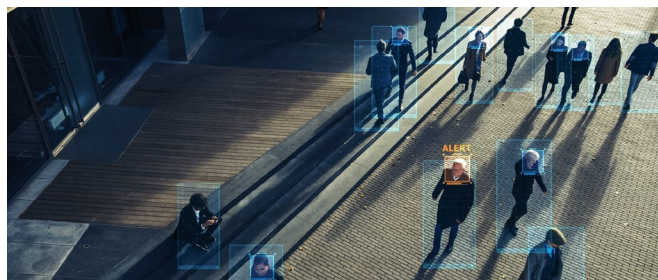
À medida que o número de câmeras aumenta e a análise por IA se torna mais avançada, o armazenamento deixa de ser apenas um componente voltado para a capacidade. Ele passa a ser um fator determinante para a qualidade do sistema.

Em sistemas com até 64 câmeras e 32 fluxos de IA simultâneos, é necessário um controle que leve em conta a carga de trabalho para proteger as gravações e, ao mesmo tempo, manter a agilidade das análises.

A tecnologia OptiFrame™ AI realiza a classificação de E/S, a proteção de cache e o agendamento adaptativo diretamente no firmware da unidade.

Isso nos permite priorizar a "continuidade das gravações" em nossas operações, executar análises dentro de limites seguros e garantir a confiabilidade a longo prazo necessária para uma operação ininterrupta (24/7).

Para engenheiros e arquitetos que projetam sistemas de vigilância com IA de última geração, o OptiFrame™ AI oferece uma base para manter um comportamento de gravação estável e uma operação previsível do sistema, mesmo com o crescimento contínuo do tamanho do sistema e da carga de análise.



*As informações contidas neste documento descrevem a filosofia de projeto e as características técnicas do produto e não garantem nenhum desempenho ou operação específicos.

OptiFrame™ é uma marca comercial da Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation. Outros nomes de empresas, nomes de produtos e nomes de serviços podem ser marcas comerciais das respectivas empresas.

<https://toshiba.semicon-storage.com/ap-en/storage.html>