

Abstract

The increasing demand for high resolution videos, together with limited transmission and memory capacity is still driving the research on high performance video compression codecs. As a core technique in state-of-the-art video codecs such as High Efficiency Video Coding (HEVC) a hybrid approach with block based architecture is used. The term "hybrid" refers to a combination of prediction from previous frames or adjacent blocks from the frame itself together with a transform coding of the resulting residual. Therefore, the quality of the prediction signal has a large influence on the efficiency of video codecs.

The thesis "Signal Adaptive Methods To Optimize Prediction Signals in Video Coding" introduces novel iterative filter methods for prediction signals based on state-of-the-art image processing methods. The resulting filters are applied to intra as well as to inter predictions. It is shown that these filters significantly improve the rate-distortion performance of state-of-the-art hybrid video codecs while not imposing too much additional complexity.

In particular, based on mathematical denoising techniques, two types of diffusion filters are constructed: a uniform diffusion filter using a fixed filter mask and a signal adaptive diffusion filter that incorporates the structures of the underlying prediction signal. The latter has the advantage of not attenuating existing edges while the uniform filter is less complex. The filters are embedded into a software based on HEVC with additional QTBT (Quadtree plus Binary Tree) with MTT (Multi-Type-Tree) block structure. The video encoder features four configurations of diffusion filters of which two of them are uniform and two signal adaptive. The filters of same type differ in filter strength which corresponds to the number of applied iterations. It is shown that the filter method improves the rate-distortion performance of the codec significantly while imposing only moderate complexity. Overall, the diffusion filter method achieves bitrate savings of -2.27% for Random Access having an encoder runtime increase of 19% and 17% decoder runtime increase. For particular UHD (Ultra High Definition) test sequences, results of up to -7.36% for Random Access are accomplished.

In the second part of the thesis, mathematical techniques originally employed for inpainting are applied to construct an alternative prediction filter using a variational approach. The structures of the underlying prediction are incorporated into the filter construction which makes it signal adaptive. The resulting optimization problem is solved using the so-called Alternating Direction Method of Multipliers (ADMM). In contrast to the diffusion filter, this filter does not require the testing (and signaling) of variable configurations. The ADMM filter is embedded into a software based on HEVC with additional QTBT with MTT block structure. Overall, the ADMM filter method obtains bitrate savings of -1.35% at a encoder runtime increase of 28% and decoder runtime increase of 38% . Certain UHD test sequences achieve bitrate savings of up to -3.66% for Random Access.

Eventually, both filters are compared and their similarities were analyzed. The tools are combined and tested empirically in a state-of-the-art video codec as described above. Even though the bitrate savings are not additive, it is shown that the combination of both tools increases the bitrate savings compared to each individual tool.

Zusammenfassung

Die steigende Zahl an hochauflösenden Videos bei gleichzeitig begrenzten Übertragungs- und Speichermöglichkeiten begründet den Bedarf von immer effizienteren Videokompressionsmethoden. Das macht das Forschungsgebiet zu einem weltweit gefragten und aktuellen Thema. Moderne Videokompressionsmethoden basieren auf dem sogenannten hybriden“ Konzept ei-

ner bewegungskompensierten (Inter-) Prädiktion zwischen Bildern oder aus bereits dekodierten Bereichen desselben Bildes (Intra-Prädiktion) und der anschließenden Transformationskodierung des Residuums, welche blockweise erfolgt. Somit spielt die Qualität der Prädiktion in diesem hybriden Ansatz eine wichtige Rolle um die Effizienz des Codecs zu gewährleisten.

In der Dissertation „Signal Adaptive Methods To Optimize Prediction Signals in Video Coding“ (dt. „Signaladaptive Methoden zur Optimierung von Prädiktionssignalen“) werden moderne Techniken aus dem Gebiet der mathematischen Bildverarbeitung verwendet, um Prädiktionssignale in der Videokompression zu optimieren und die Effizienz der Kompression im „rate-distortion“ (dt. Raten-Verzerrung) Sinne maßgeblich zu verbessern. Es werden neuartige Prädiktionsfilter entwickelt, die auf modernen mathematischen Techniken zur Rauschunterdrückung bzw. -filterung und Bildrekonstruktion basieren. Die Filter werden auf Inter- sowie auf Intra-Prädiktionen angewandt.

Im Falle des Diffusionsfilters werden zwei Typen von Filtern konstruiert, der gleichförmige (uniforme) Diffusionsfilter mit einer festen Filtermaske und der signaladaptive Diffusionsfilter, der die Strukturen des vorliegenden Prädiktionssignals miteinbezieht. Im Encoder werden vier verschiedene Filterkonfigurationen zur Auswahl gestellt, von denen jeweils zwei gleichförmig und zwei signaladaptiv sind. Die Filterkonfigurationen unterscheiden sich innerhalb eines Typs durch die Filterstärke, die mittels der Anzahl der Iterationen gesteuert wird. In der Arbeit wird gezeigt, dass der Diffusionsfilter bei vertretbarem Rechenaufwand die Kompressionsrate von modernen Videocodecs maßgeblich verbessert. Die Filtermethode wird in eine Software eingebaut, welche auf HEVC basiert. Hierbei wird eine QTBT („Quadtree plus Binary Tree“) mit MTT („Multi-Type-Tree“) Blockstruktur verwendet. Durchschnittlich werden Gewinne von -2.27% in Random Access Konfiguration erreicht, bei einer Enkodierzeiterhöhung von 19% und einer Dekodierzeiterhöhung von 17% . Einzelne UHD Testsequenzen erreichen hierbei Rateneinsparungen von bis zu -7.36% .

Im zweiten Teil der Dissertation wird ein weiterer Prädiktionsfilter entwickelt, der auf mathematischen Techniken der Bildrekonstruktion („Inpainting“) beruht. Hierbei wird ein Optimierungsproblem aufgestellt, das mittels der sogenannten „Alternating Direction Method of Multipliers“ (ADMM) gelöst wird. Bei der Konstruktion des Filters werden die Strukturen des vorliegenden Prädiktionssignals berücksichtigt, d.h. in diesem Sinne ist der ADMM Filter signaladaptiv. Im Gegensatz zur Diffusionsfiltermethode benötigt die ADMM Filtermethode jedoch keine verschiedenen Filterkonfigurationen: Es muss nur entschieden (und signalisiert) werden, wann der Filter angewandt wird. Wie im Falle der Diffusionsfiltermethode wird der ADMM Filter in eine auf HEVC basierende Software eingebaut, die eine QTBT mit MTT Blockstruktur verwendet. Der ADMM Filter erzielt eine Kodiereffizienz in Random Access von -1.35% bei einer Enkodierzeiterhöhung von 28% und einer Dekodierzeiterhöhung von 38% . Einzelne Testsequenzen erreichen Rateneinsparungen von bis zu -3.66% .

Zuletzt werden beide Filtermethoden verglichen und analysiert. Die Kombination beider Filtermethoden wird empirisch getestet. Obwohl sich die Rateneinsparungen der Filtermethoden nicht aufaddieren, sind die Gesamtgewinne der Filterkombination besser als die der einzelnen Filtermethoden für sich.