

Anwendungs- und netzübergreifende Videocodierung: Adaptive Verfahren für die Datenratenkontrolle

Markus Zeller, Mike Heidrich

Fraunhofer Einrichtung für Systeme der Kommunikationstechnik (ESK), Hansastraße 32, 80686 München

Email: markus.zeller@esk.fhg.de bzw. mike.heidrich@esk.fhg.de

Telefon: + 49 89 547088-352 bzw. + 49 89 541088-377

Kurzfassung

Neben der Steigerung der Codiereffizienz wurde bei der Standardisierung aktueller Videocodierverfahren, wie z.B. H.263++ oder MPEG-4, berücksichtigt, dass die Codecs unterschiedliche Zielanwendungen und Netze unterstützen. Das Spektrum reicht von niederbitratiger Videokommunikation über mobile Netze bis hin zu hochqualitativem Video über Breitbandnetze. Dadurch ergeben sich neue Anforderungen an die Steuerung der Videocodecs. Für die Datenratenkontrolle, als wichtiges qualitätsbestimmendes Element des Encoders, sind deshalb neue Ansätze notwendig, um unterschiedlichstes Bildmaterial mit jeweils passendem Ende-zu-Ende-Delay über zeitvariante mobile Netze oder aber über hochbitratige Festverbindungen effektiv übertragen zu können. In diesem Beitrag werden die sich daraus ergebenden Anforderungen aufgezeigt und darauf aufbauend wird ein echtzeitfähiges, adaptives Verfahren für die Datenratenkontrolle entworfen. Der Vergleich mit den Methoden aus H.263++ und MPEG-4 verspricht sowohl einen signifikanten Qualitätsgewinn über einen breiten Anwendungsbereich, unter Einhaltung der vorgegebenen Ende-zu-Ende-Verzögerung, als auch die rasche Adaption auf variierenden Randbedingungen, wie sie insbesondere in mobilen Netzen anzutreffen sind.

1 Einleitung

Der Bedarf an Mobilität und mehr Komfort für den Anwender stellen die treibenden Kräfte für die steigende Marktrelevanz der audiovisuellen Kommunikation dar. Die Einführung von höherbitratigen Netzzugängen, wie GPRS oder ADSL, und Verbesserungen der Videocodierverfahren selbst, bilden die Basis, qualitativ höherwertige Videokommunikation über unterschiedlichste Netze zu ermöglichen.

Aktuelle und vor allem zukünftige Standardisierungsbestrebungen, wie MPEG-4 [1], H.263++ [2][5] oder H.26L [3], haben die Schaffung eines flexiblen Standards für unterschiedlichste Multimediaanwendungen und -dienste zum Ziel. Darüber hinaus wird die Übertragung über unterschiedliche Netze berücksichtigt. Anwendungsszenarien ergeben sich z.B. bei mobilen Endgeräten wie PDAs oder WebPads, die über unterschiedliche drahtlose Netze bzw. auch teilweise im LAN kommunizieren oder bei der Integration der Videocodierung als Basisdienst in Betriebssysteme. Der Codec kann damit von unterschiedlichen Anwendungen verwendet werden, so z.B. für eine Videokommunikation über ISDN und später als Codec für Videomails oder für die Aufzeichnung von TV-Programmen. Jedesmal muß der Videocodec im Gerät mit unterschiedlichen, teilweise stark variierenden Netzdatenraten und Anforderungen, wie Bildmaterial oder maximaler Ende-zu-Ende-Verzögerung, zurechtkommen.

Gleichzeitig entfällt die bisher praktizierte Möglichkeit, den Codec anhand fest vorgegebener Bedürfnisse im voraus auf feste Parameter zu optimieren. Vielmehr muss unterschiedliches Bildmaterial teilweise sogar im laufenden Betrieb mit einem einzigen Codec effektiv verarbeitet und die Übertragung über die unterschiedlichen, teilweise zeitvarianten Netze in möglichst hoher Qualität sichergestellt werden. Dadurch ergeben sich insbesondere bei qualitätsbestimmenden Elementen des Encoders, wie der Codecsteuerung und der Datenratenkontrolle neue Herausforderungen.

Im folgenden wird auf die Grundlagen der Datenratenkontrolle eingegangen und die sich neu ergebenden Anforderungen aufgezählt. Hinsichtlich der Erfüllung dieser Kriterien wird ein adaptives Verfahren entwickelt und mit existierenden Algorithmen verglichen.

2 Anforderungen und Methoden für die Datenratenkontrolle

In Abbildung 1 ist das Grundkonzept von Videocodierverfahren dargestellt [6]. Hierbei wird das digitale Bildsignal nach der Dekorrelation quantisiert, d.h. je nach Quantisierungsstufe wird hier vor der Entropiecodierung zur Erreichung eines höheren Komprimierungsfaktors eine Verzerrung des codierten Signals festgelegt.

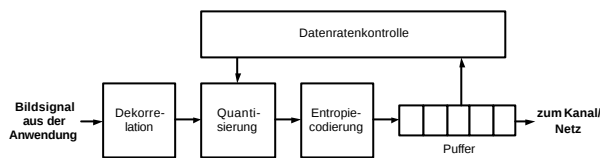


Abbildung 1: Grundkonzept der Videocodierung

Die Ausgangsdatenrate der Entropiecodierung hängt vom Informationsgehalt des aktuellen Bildsignals ab. Die Aufgabe der Datenratenkontrolle ist es, je nach aktuellem Pufferstand diese Ausgangsdatenrate zu erhöhen bzw. zu verringern, indem die Verzerrung variiert wird. Der Puffer darf dabei weder überlaufen noch leer laufen. Das verwendete Verfahren zur Kontrolle der Datenrate bestimmt im starken Masse die Effizienz der Quellencodierung. In der Literatur wurden bereits unterschiedliche Ansätze für die Datenratenkontrolle vorgestellt und auch in Referenzcodecs implementiert [1][4][7][8], wobei in der Literatur aktuell noch Erweiterungen der Verfahren, z.B. für mobile Netze, beschrieben wurden [9].

Die bisherigen Anforderungen an die Datenratenkontrolle, wie Sicherstellung von homogener, bestmöglicher Bildqualität und die Einhaltung von Anwendungs- und Netzvorgaben, wie maximale Ende-zu-Ende-Verzögerung und Einhaltung der mittleren Ausgangsdatenrate, werden durch die „universellen“ Anwendungsmöglichkeiten moderner Videostandards erweitert. Insbesondere folgende Aspekte sind zu beachten: Variables Bildmaterial (z.B. Bildgröße oder Charakteristik), unterschiedliche maximale Ende-zu-Ende-Verzögerungen bzw. maximale Ausgangspuffergrößen, Gewährleistung einer flexiblen Ausgangsdatenratensteuerung und Unterstützung eines sehr breiten Spektrums von Ausgangsdatenraten (von einigen kBit/s bis hin zu mehreren Mbit/s).

Das neue adaptive Verfahren für die Datenratenkontrolle schätzt, in Anlehnung an [8], die Bitrate in Abhängigkeit vom Quotienten der mittleren Energie der DCT-Koeffizienten und des quadratischen Quantisierungsfaktors ab. Durch einfache datenraten- und bildstatistikspezifische Berechnung der Modellparameter, Verwendung eines neuen Aktivitätsmasses (mittlere Energie der DCT-Koeffizienten anstelle der Standardabweichung), eine verbesserte Abschätzung der Ausgangsverzerrung und durch gezielte Erweiterung des Codierablaufes an die variablen Gegebenheiten wurde eine Adaptivität des Basismodells erreicht. Durch diese Massnahmen wird erreicht, dass unterschiedliche, auch stark variierende Ausgangsdatenraten und Bildeigenschaften mit nur einem Modell sehr effektiv verarbeitet werden können. Im Vergleich mit den Verfahren aus der MPEG-4- und H.263+-Standardisierung wird bei über 180 unterschiedlichen Codierdurchläufen

mit unterschiedlichsten Datenraten, Sequenzen und Ausgangspuffergrößen ein mittlerer Performancegewinn von 0,3 dB (PSNR) und bei einzelnen Sequenzen bis über 3 dB (PSNR) erreicht.

3 Zusammenfassung und Ausblick

In der Präsentation wird neben der vertieften Beschreibung wichtiger Aspekte dieser Kurzfassung, vor allem der neuen Lösungsansatz für flexible Datenratenkontrolle und dessen Leistungsfähigkeit vorgestellt. Zudem wird auch kurz auf wichtige Implementierungsaspekte näher eingegangen.

4 Literatur

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Dokument M5477, "MPEG-4 Video Verification Model version 14.2", Maui, Dec. 1999
- [2] ITU Telecom. Standardization Sector of ITU, STUDY GROUP 16, "DRAFT FOR "H.263++" ANNEXES U, V, AND W TO RECOMMENDATION H.263", Nov. 2000
- [3] ITU Telecom. Standardization Sector of ITU, STUDY GROUP 16, "H.26L Test Model Long Term Number 6 (TML-6) draft0", Eibsee, Germany, Jan. 2001
- [4] ITU Telecom. Standardization Sector of ITU, STUDY GROUP 16, "Test model 11", Monterey, Finland, Feb. 1999
- [5] ITU Telecom. Standardization Sector of ITU, "Video coding for lowbitrate communication," Draft ITU-T Recommendation H.263 Version 2, Sept. 1997.
- [6] Jens-Rainer Ohm; „Digitale Bildcodierung“; ISBN 3-540-58579-6, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1995
- [7] Jordi Ribas-Corbera, Shaw-Min Lei, "A Frame-Layer Bit Allocation for H.263+", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 10, pp 1154-1158, Oct. 2000
- [8] Jordi Ribas-Corbera, Shawmin Lei, "Rate Control in DCT Video Coding for Low-Delay Communications", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol 9, pp. 172-185, Apr. 1999
- [9] Supavadee Aramvith, I-Ming Pao, Ming-Ting Sun, "A Rate-Control Scheme for Video Transport over Wireless Channels", <http://pierce.ee.washington.edu/~supava/csvtrev7.pdf> über <http://citeseer.nj.nec.com/cs>