



Cyprus
University of
Technology

Faculty of Engineering
and Technology
Biomedical Engineering

Master's Thesis

**Adaptive Video Encoding and Streaming
of Ultrasound Videos**

Ioanna Valiandi

Limassol, 2025

CYPRUS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF ELECTRICAL, COMPUTER ENGINEERING AND
INFORMATICS

Master's Thesis
Adaptive Video Encoding And Streaming
Of Ultrasound Videos

Ioanna Valiandi

Supervisor
Faculty of Engineering and Technology
Department of Electrical, Computer Engineering and Informatics
Efthymoulos Kyriacou
Assistant Professor

Limassol, 2025

Approval Form

Master's Thesis

Adaptive Video Encoding And Streaming Of Ultrasound Videos

Presented by

Ioanna Valiandi

Supervisor: Efthymoulos Kyriacou, Assistant Professor

Member of the committee: Christakis Damianou, Professor

Member of the committee: Andreas Panayides, Research Associate Professor, CYENS

CoE

Cyprus University of Technology

Limassol, 2025

Copyrights

Copyright© 2025 Ioanna Valiandi

All rights reserved.

The approval of the thesis by the Department of Electrical, Computer Engineering and Informatics does not necessarily imply the approval by the Department of the writer's views.

Acknowledgements

First and foremost, I would like to express my sincere gratitude to my supervisor Dr Efthymoulos Kyriacou, for giving me the opportunity to work on this Master Thesis and for the trust he placed in me.

I also wish to thank Dr. Andreas Panayides for his valuable time, assistance and interest he showed in helping me achieve the objectives of this study.

Finally, I would like to thank my family and friends for their support, encouragement and understanding throughout my master studies at the Cyprus University of Technology.

ABSTRACT

Medical Video Applications have become an integral component of medical healthcare, particularly in areas such as remote diagnoses, telemedicine and medical education. Videos from various modalities, including the ultrasound modality, are essential for detecting and evaluating critical medical conditions. However, securing the quality of the communicated video in real time presents serious difficulties due to the dynamic, time-varying nature of the wireless channels. The video systems must swiftly adjust to varying bandwidths while ensuring the quality of the communicated video. To address these challenges, in this study, we have developed Forward Prediction Models for video quality, encoding frames per second (fps) and bitrate demands, alongside implementing a multi-objective optimization framework for real-time video encoding adaptation. The method satisfies the time-varying constraints and is validated using two different encoders (x265 and SVT-AV1). The aim is to enhance video quality while reducing encoding time and the required bitrate. Forward Prediction Models are built via offline training on many distinct video compression instances, per optimization goal (bitrate, video quality, encoding fps). The methodology uses actual network traces conducted over 3G wireless networks. An adaptive controller is then implemented to adapt to instantaneous bandwidth fluctuations and initiate encoding adaptations using the generated Forward Prediction Models. The controller triggers an encoding configuration switch to match the time-varying wireless network state. For validation, a dataset of CCA ultrasound videos is used, with a resolution of 560x448 at 40 fps. This study evaluates Forward Prediction Models for adaptive video encoding, focusing on robustness, error distribution, and comparative performance. The median percentage fluctuations for coefficients and the adjusted R^2 of the fitted models remained below 5% and 0.7, respectively, indicating model resilience. A comparison with the traditional HTTP Adaptive Streaming (HAS) algorithm revealed that Forward Models offered better video quality (VMAF and SSIM) and reduced buffering incidents and video stalling, especially as the InTransit value increased. Buffer utilization statistics highlighted the effectiveness of the Forward Model in maintaining buffer fullness, minimizing rebuffering and enhancing Quality of Service (QoS) metrics. Overall, Forward Prediction Models proved effective for real-time adaptive video streaming applications, including medical applications and ultrasound contexts, offering notable improvements in video quality, bitrate demands and user

Quality of Experience (QoE). Finally, an adaptive video streaming system based on MPEG-DASH was implemented, where medical and especially CCA videos play in good quality without buffering effects. This system improves medical education, telemedicine, doctor-to-doctor communication and remote diagnosis.

Keywords: Medical Video Communication, Ultrasound Videos, Telemedicine, Medical Applications, Adaptive Video Streaming, MPEG-DASH, Common Carotid Artery, Quality of Experience (QoE), Quality of Service (QoS), Video Codecs, Video Compression

Περίληψη

Οι εφαρμογές ιατρικών βίντεο αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της ιατρικής περίθαλψης, ιδίως σε τομείς όπως η τηλεϊατρική, οι απομακρυσμένες διαγνώσεις και η ιατρική εκπαίδευση. Βίντεο από διάφορες διαγνωστικές μεθόδους, όπως τα υπερηχογραφήματα, είναι απαραίτητα για την έγκαιρη ανίχνευση και αξιολόγηση κρίσιμων ιατρικών περιστατικών. Ωστόσο, η διασφάλιση της ποιότητας του βίντεο σε πραγματικό χρόνο δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις λόγω της δυναμικής φύσης των ασύρματων δικτύων, τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς κατά τη διάρκεια του χρόνου. Τα συστήματα μετάδοσης βίντεο πρέπει να προσαρμόζονται γρήγορα στα διαφορετικά εύρη ζώνης, διασφαλίζοντας παράλληλα την υψηλή ποιότητα του μεταδιδόμενου βίντεο. Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, σε αυτή την πτυχιακή εργασία αναπτύχθηκαν μοντέλα πρόβλεψης προς τα εμπρός (Forward Models) για την ποιότητα του βίντεο, τον ρυθμό καρέ ανά δευτερόλεπτο (fps) και τις απαιτήσεις bitrate. Παράλληλα, εφαρμόστηκε ένα πλαίσιο βελτιστοποίησης πολλαπλών στόχων, με σκοπό την εξισορρόπηση αυτών των παραμέτρων και την επίτευξη προσαρμοστικής κωδικοποίησης βίντεο σε πραγματικό χρόνο. Η μέθοδος ικανοποιεί τους χρονικά μεταβαλλόμενους περιορισμούς και επαληθεύεται χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικούς κωδικοποιητές τον x265 και τον SVT-AV1. Στόχος είναι να βελτιωθεί η ποιότητα και παράλληλα να μειωθεί το bitrate και ο χρόνος κωδικοποίησης του βίντεο. Τα μοντέλα πρόβλεψης προς τα εμπρός κατασκευάζονται offline για διάφορες περιπτώσεις συμπίεσης, ανάλογα με τον στόχο βελτιστοποίησης (bitrate, ποιότητα βίντεο, χρόνος κωδικοποίησης). Η μεθοδολογία βασίστηκε σε πραγματικά ίχνη δικτύου από ασύρματα 3G δίκτυα. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται ένας προσαρμοστικός ελεγκτής ο οποίος χρησιμοποιεί τα μοντέλα για να προσαρμόζει δυναμικά τις παραμέτρους κωδικοποίησης ανάλογα με τις στιγμιαίες διακυμάνσεις του εύρους ζώνης. Ο ελεγκτής επιλέγει την βέλτιστη διαμόρφωση κωδικοποίησης σύμφωνα με την κατάσταση του ασύρματου δικτύου που μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου. Για την επικύρωση της προτεινόμενης μεθοδολογίας, χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο δεδομένων από βίντεο υπερήχων των καρωτιδικών αρτηριών (CCA), με ανάλυση 560x448 και ρυθμό 40 fps. Η μελέτη εστιάζει στην αξιολόγηση της προσαρμοστικής κωδικοποίησης και μετάδοσης βίντεο δίνοντας έμφαση στην ακρίβεια των μοντέλων πρόβλεψης προς τα εμπρός, την κατανομή των σφαλμάτων και τη συγκριτική απόδοση του αλγορίθμου. Οι διάμεσες ποσοστιαίες διακυμάνσεις των