

Teză destinată obținerii titlului științific de doctor inginer
la Universitatea Politehnică Timișoara în domeniul
INGINERIE ELECTRONICĂ ȘI TELECOMUNICAȚII

SISTEME MULTIMEDIA INTERACTIVE ADAPTIVE CU APLICAȚII ÎN E-LEARNING, DIVERTISMENT ȘI FORMARE PROFESIONALĂ

- REZUMAT -

Ing. Alexandru Sorin PEȚAN

1 Considerații generale cu privire la tema aleasă

Studiile arată că video și aplicațiile interactive sunt cele mai antrenante două medii de comunicare. În cazul aplicațiilor interactive, atât pe suport CD-DVD cât în special în mediul online, apare natural dimensiunea activă, neliniară și participatorie a utilizatorului, dată de însăși caracteristica și principiile directe ale World Wide Web (WWW). Presumpția de bază în aceste medii este că utilizatorul va interacționa cu materialele prezentate și își va construi un mod propriu de a naviga prin informație. Chiar dacă World Wide Web-ul inițial modela unele din caracteristicile tipurilor de media precedente, de masă, acest mediu este prin excelență un mediu orientat spre individ, iar evoluția lui, în special o dată cu proliferarea principiilor Web 2.0, a fost ireversibilă înspre personalizare și interactivitate.

O evoluție mult mai lentă a avut-o însă tipul de media numit video. Apariția televiziunii la începutul secolului trecut și provocările tehnice și aspectele sociale ale acelei ere au făcut ca utilizarea informației video să fie o experiență pasivă și liniară, de masă. Această dimensiune se continuă și azi, un raport INSOMAR comandat de CNA arătând că românii continuă să urmărească chiar și în prezent programe video în medie 4-5 ore pe zi în mod liniar pe televizorul lor.

Însă o dată cu apariția și proliferarea WWW, dezvoltările de infrastructură ale rețelelor în sensul creșterii exponențiale a vitezei de transfer al datelor în Internet au început să aducă cele două concepte împreună și video a devenit tot mai prezent în mediul online. Au apărut diverse platforme online dedicate special materialelor video, principalul site exponent al acestei categorii, Youtube, fiind pe locul 3 în lume ca număr de accesări globale. Dar video este încă considerat în mare parte ca fiind un proces pasiv, în care asimilarea informației video de către cel care vizionează se face liniar și cu posibilități limitate de a interacționa cu informația.

Această lucrare analizează corelarea acestor două dimensiuni, explorând zonele de întrepătrundere și implicațiile derivate din conceptul de video interactiv. Ipoteza centrală în această teză este faptul că un sistem coerent video-multimedia interactiv și adaptiv prezintă o metodă mult mai eficientă de transmitere a informației de la producător spre utilizator, constituind totodată o experiență mai plăcută decât cele existente. Tehnologiile abordate, modelele propuse și aplicațiile corespunzătoare sunt descrise pe parcursul tezei.

2 Motivația

Modul în care evoluează societatea informațională de azi, faptul că interactivitatea devine tot mai prezentă în viața noastră, precum și faptul că video ocupă locul central în angrenarea atenției utilizatorilor definește clar nevoia de studii integrative care să deschidă drumuri noi în zonele de suprapunere între domeniile media, și să exploreze implicațiile care decurg de aici pentru viața de zi cu zi, pentru utilizatorii obișnuiți care reacționează la aceste fenomene, pentru industriile și domeniile direct afectate de această nouă paradigmă.

Teza de față își propune să fie un asemenea studiu integrativ multimedia. Având în vedere varietatea de tipuri de media existente în prezent (text, imagini, audio, video, animații interactive, etc) și complexitatea lor, teza mea privind sistemele multimedia adaptive și interactive a trebuit focalizată. **Am ales video ca element central al cercetării mele**, întrucât acesta este cel mai antrenant tip de media și, în același timp, cel mai dificil de adaptat la o paradigmă interactivă. Un motiv suplimentar și încurajator este contextul mai larg media, ultimii ani fiind martori la apariția tot mai proeminentă a noțiunii de video interactiv și a unor tehnologii ce implementează acest concept, aflate în vârful dezvoltării din domeniul mediei vizuale.

Contextul României prezintă două particularități încurajatoare pentru teza de doctorat prezentă: faptul că o mare parte dintre români urmăresc mult material video pe parcursul unei zile, precum și dezvoltarea spectaculoasă a infrastructurii IT care a dus la plasarea României între primele țări din lume. Studiile arată că țara noastră este în topul primelor 20 de țări ca viteză medie a conexiunii la Internet, iar rata penetrării conexiunilor Internet de mare viteză de peste 4Mbps este de 79%, acest lucru însemnând că România este bine pregătită ca infrastructură pentru integrarea materialelor video și multimedia, mari consumatoare de bandă, în viața de zi cu zi.

Pe termen lung, un studiu Cisco arată că transferul de materiale video va constitui 73% din totalul de trafic prin Internet, neluând în seamă traficul prin intermediul tehnologiei P2P (*Peer-to-peer*), video ocupând astfel poziția de lider în conținutul web folosit de societatea informațională. Dacă e inclus și conținutul video transferat prin rețelele P2P, studiul indică faptul că procentajul video se ridică la 80-90% din traficul global pe Internet, până în 2017.

Proliferarea dispozitivelor capabile de înregistrare video și accesibilitatea lor din punct de vedere al costului și ușurinței de folosire a dus la democratizarea mijloacelor de producție video. Este extrem de simplu pentru oricine să filmeze materiale de înaltă rezoluție, folosind dispozitive simple și de largă răspândire, cum ar fi telefonul mobil. În același timp, apariția unor echipamente relativ ieftine a revoluționat și domeniul video profesional, camere foto de tip DSLR fiind capabile în prezent să înregistreze video de înaltă calitate, la o fracțiune din costul echipamentelor de filmare profesionale. Per ansamblu, producerea materialelor video nu a fost niciodată mai facilă și mai ieftină ca în prezent.

Video interactiv combină puterea imaginilor în mișcare și a narațiunii date de un video cu profunzimea și bogăția informațională dată de interactivitate. Interactivitatea schimbă focalizarea de pe creatorul de conținut video pe utilizator, punând controlul informațional în mâna acestuia și abilitându-l să descopere informație nouă corelată cu clipul video respectiv, chiar dincolo de ceea ce creatorul materialelor video a avut inițial în minte. Video interactiv integrează dimensiunea de imagini în mișcare în vasta rețea interconectată a World Wide Web-ului, reprezentând nu un viitor îndepărtat, ci un prezent în care informația este inteligentă, adaptivă și extrem de captivantă pentru utilizator, permițând de asemenea o interactivitate comparabilă cu cea a World Wide Web.

Ca definiție, video-ul interactiv, hipervideo sau i-video se referă la clipuri video îmbunătățite prin diverse metode cu elemente interactive care asigură o metodă non-lineară de a transmite informația, similară cu hiperlegăturile din World Wide Web, integrând astfel conținutul video în paradigma Web. Această metodă este opusă stilului tradițional liniar de a transmite diverse informații prin video. Video-ul interactiv poate include o structură liniară, însă cuprinde o abordare bazată pe hiperlegături, introdusă de World Wide Web, adăugând sau introducând conexiuni cu mult mai multe informații la conținutul video-ului și flexibilitate și profunzime a detaliilor cu privire la un anume subiect.

Un astfel de sistem de administrare a resurselor video interactive adaptive este dependent în mod direct de modularitate, adică de nevoia de a crea informații scurte interconectate, clipuri video și adnotări, ca o alternativă la un sistem monolitic. O arhitectură modulară a informației facilitează întreținerea sistemului. În societatea informațională în care trăim, schimbările au loc rapid, astfel că o structură modulară permite adaptarea doar a acelor părți care necesită acest lucru și nu a întregului sistem. Este totodată nevoie ca acest sistem să se adapteze la utilizator, la nivelul și preferințele lui și să fie ușor extensibil pentru o varietate de cazuri și aplicații.

Elementele de interactivitate pot fi adăugate prin mai multe moduri, însă această teză se va concentra pe două din ele: prin intermediul adnotărilor și al momentelor de decizie. Punctele decizionale permit consumatorului de video interactiv să aleagă traiectoria informațională pe care să o urmeze și îl ajută să personalizeze și să adapteze procesul la nevoile și preferințele sale. Punctele de decizie permit de asemenea implementarea unei arhitecturi informaționale non-lineare. Este facilitată modularitatea, prin faptul că aceste puncte de decizie servesc drept separatoare între modulele de informații.

Adnotările presupun că pentru o anumită regiune spațială sau interval video (fragment media) creatorul materialului video interactiv face legătura cu un concept sau informație externă materialului video.

Această referință exterioară poate să fie text sau un alt video în cadrul sistemului video interactiv sau o informație externă organizației (de exemplu un site web care să detalieze un concept prezentat doar pe scurt în cadrul video-ului interactiv). Aceste resurse adiționale pot fi incluse ca și materiale media suplimentare încorporate în pagină, hiperlegături spre resurse externe sau informații obținute pe baza principiilor Semantic web.

Un sistem video interactiv care utilizează astfel de adnotări poate să faciliteze crearea de tutoriale scurte, dar care să permită explorarea în profunzime a anumitor concepte și care să preîntâmpine nivelul de competență al studentului sau angajatului care folosește video-ul interactiv. Din punct de vedere organizațional și în contextul integrării video-ului interactiv, este nevoie să luăm în considerare două aspecte: pe de o parte creatorul și editorul materialului video interactiv, precum și pe cel care vizualizează video-ul interactiv. Această teză le va aborda critic pe ambele.

Un sistem de video interactiv care aduce principiile World Wide Web în domeniul video are următoarele particularități:

- Experiență superioară, antrenantă, satisfăcătoare și mai bogată pentru utilizator
- Transmiterea mai eficientă a informațiilor, conform studiilor
- Video – mai bine integrat și adresabil din rețeaua WWW
- Corelarea relevantă a materialelor video între ele
- Adaptarea video la utilizatori
- Facilitarea de legături sociale între utilizatori cu aceleași tipuri de preferințe
- I-Video schimbă și domeniul de producție audio-video, filmare, editarea și procesarea materialului video pentru hypervideo

Toate aceste considerente fac dintr-un sistem video interactiv adaptiv o soluție atractivă și cu potențial revoluționar pentru modul în care învățăm și asimilăm informație sau interacționăm cu alți utilizatori în mediul virtual. Această paradigmă are aplicații imediate în domenii extrem de variate, cum ar fi industria de divertisment, marketing și publicitate, învățământul electronic formal sau informal, mediul de afaceri general prin administrarea internă a competențelor și informațiilor (knowledge management), formarea profesională continuă a angajaților în organizații și multe altele.

Intuind potențialul uriaș al sistemelor de video interactiv (și corelat cu alte tipuri de media) și luând notă de schimbările tehnologice de vârf din ultimii ani ce pavează drumul pentru acest domeniu, consider extrem de relevantă teza prezentă. Lucrând de peste 14 ani în televiziune și media digitală interactivă, am fost puternic motivat să explorez ceea ce consider ca fiind viitorul în media vizuală - video interactiv adaptiv.

3 Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat prezintă arhitectura unui sistem video interactiv corelat cu alte informații externe multimedia, având aplicații în educație, divertisment și formare profesională. Ca atare, am structurat teza în șase capitole, la care se adaugă bibliografia corespunzătoare și anexele.

3.1 Capitolul 1

Acest capitol pune în perspectivă tema studiată, fiind capitolul introductiv al acestei teze de doctorat. Aici am discutat considerațiile generale cu privire la tema aleasă, motivația alegerii acestei teme și actualitatea ei în contextul societății informaționale românești. Este prezentată și structura pe capitole a tezei, și lucrările publicate până în prezent.

3.2 Capitolul 2

Acest capitol reprezintă un studiu critic asupra noțiunilor aferente domeniului de video interactiv. În prima parte a capitolului, am trecut în revistă evoluția istorică a elementelor interactive în raport cu video, scoțând în evidență faptul că încă de la începutul televiziunii s-a dorit adăugarea unor componente interactive la video, sub diverse forme. În ultimii ani, după apariția Internetului, am arătat tendința naturală de convergență a video cu mediul interactiv online.

Am efectuat apoi un studiu critic asupra efectului elementelor interactive în video asupra utilizatorilor, subliniind nevoia acestor interacțiuni. Studiile deja existente demonstrează clar că prin convergența acestor două medii, impactul informațional este substanțial mai mare și produce o experiență mult mai angrenantă pentru utilizator, asigurând și un proces eficient de transmitere a informației către consumatorul de video interactiv. Aceste considerente demonstrează clar nevoia de interacțiuni bogate cu materialele video, acestea fiind percepute în general ca fiind experiențe pasive.

Am analizat apoi conceptele care fac posibilă interacțiunea cu un material video, punând accentul pe metainformație. Studiul meu a scos în relief câteva aspecte pe care le consider cheie în susținerea unor interacțiuni eficiente. Un concept analizat a fost cel de fragment media, definit ca o subsecțiune temporalo-spațială existentă într-un clip video mai mare, similar cu conceptul de secvență în producția video, dar adăugând și posibilitatea referirii doar a unei zone restrânse din imagine.

Pe baza acestor fragmente media, se pot defini adnotări ca fiind informații suplimentare corelate cu informația reprezentată în fragmentul respectiv din video. Adnotările pot fi de diferite tipuri, iar informația rezultată în urma procesării corespunzătoare acestor adnotări va oferi profunzime informațională clipului video. Am analizat și cazul unor filme interactive multi-clip ce necesită definirea unor puncte de decizie la finalizarea unui material, pentru a determina ceea ce va fi redat în continuare.

Principii de uzabilitate au fost de asemenea atinse în studiul meu, extrăgând și aplicând principiile de folosire optimă de către utilizatori a noului mediu al video interactiv. Am abordat uzabilitatea din două perspective - a producătorului și a consumatorului de video interactiv. Am discutat un model existent al interfeței cu utilizatorul cu 8 componente propus de Sadallah, subliniind nevoia extinderii sale pentru a facilita dimensiunea de filme interactive multi-clip printr-o a 9-a componentă specializată.

Am tratat și implicațiile hipervideo asupra relațiilor sociale care se stabilesc între utilizatori, definind o serie de principii directe pentru un sistem interactiv pentru a facilita interacțiunea între utilizatori.

În contextul în care dezvoltarea societății informaționale a rezultat în modificarea modului în care studiem și lucrăm, la final am analizat critic implicațiile hipervideo asupra proceselor de învățare și asimilare a informației în special în domeniile de educație și industrie. Am arătat că hipervideo este un pas natural în evoluția folosirii media în aceste procese și oferă o performanță mai bună din punct de vedere al eficienței învățării și a satisfacției utilizatorilor.

Prin acest studiu critic efectuat asupra noțiunilor incluse în domeniul de interactivitate în video, am trasat cadrul teoretic pentru implementarea unui sistem video interactiv adaptiv, discutat în capitolul următor.

3.3 Capitolul 3

În urma cercetării depuse și a analizei studiilor, conceptelor teoretice și a tehnologiilor descrise în capitolul 2, am trecut la propunerea unui model pentru un sistem complex de generare de video interactiv. Am creionat scopul său principal, arhitectura sa și elementele sale componente, precum și caracteristicile pe care acesta trebuie să le posede. Am discutat de asemenea modul în care trebuie să fie abordate cele două cazuri principale care permit interactivitatea în video - augmentarea unor clipuri video singulare și narațiuni multi-clip (care pot să fie compuse din clipuri video augmentate), deși acest ultim aspect e prezentat pe larg în subcapitolul 4.1. Arhitectura sistemului/platformei hipervideo este prezentată în figura de mai jos.

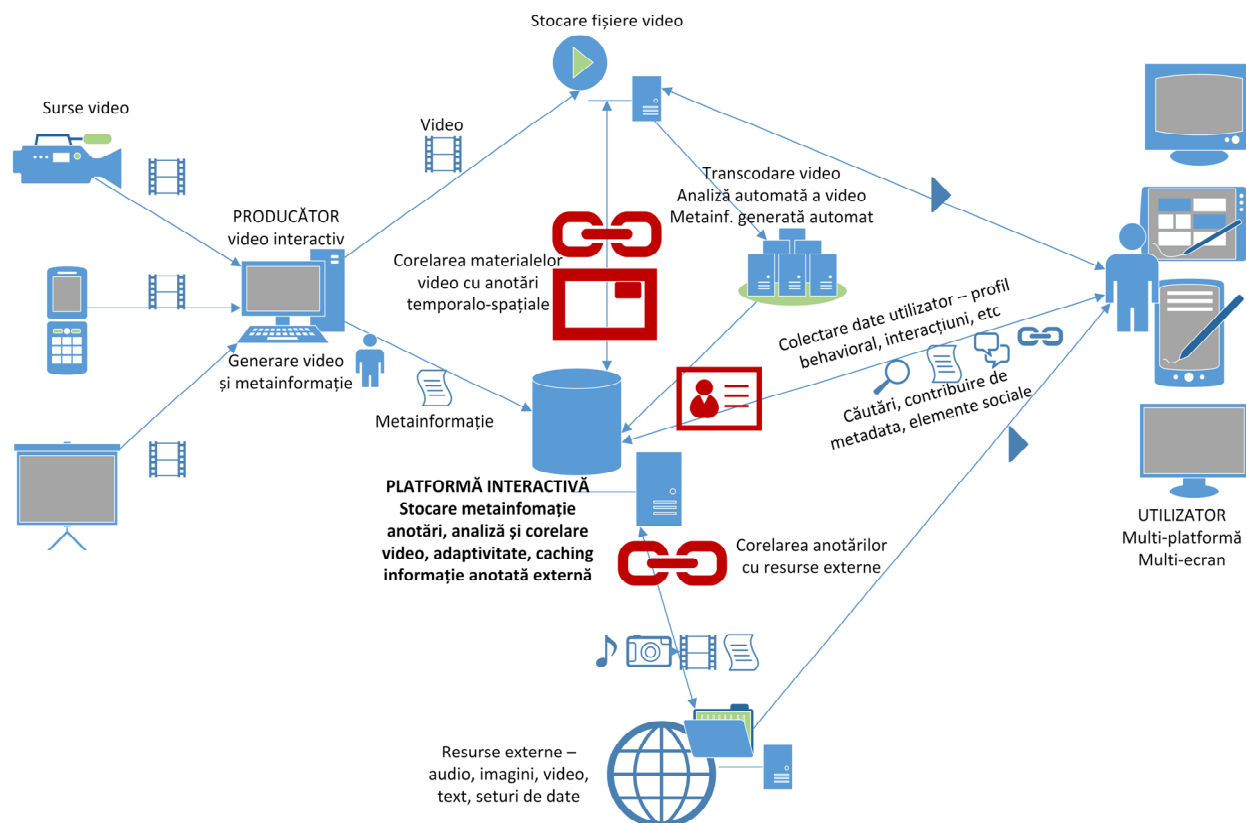


Figura 1: Arhitectura detaliată a unui sistem de video interactiv

Pentru a demonstra și a testa principiile teoretice privind arhitectura unui sistem complex de video interactiv expuse în cadrul acestei teze, am dezvoltat o platformă web prototip de generare a clipurilor hipervideo, numită Interactive Video Platform. Această platformă permite într-un mod facil adnotarea

clipurilor video cu informații din diverse surse externe, interconectarea și administrarea materialelor video în narațiuni video interactive, generarea de decizii, toate aspectele esențiale care țin de crearea și administrarea unor clipuri video interactive.

În cadrul acestui capitol, am arătat că, pentru a avea o platformă inteligentă de video interactiv, este necesară corelarea fișierelor video cu metainformație suplimentară complexă. Am studiat factorii ce țin de stocarea materialelor video și a metainformației necesare pentru a avea un sistem video interactiv adaptiv. Am studiat aspectele ce țin de automatizarea și procesarea optimă a clipurilor video în formatele dorite. Folosind doar tehnologii în sursă deschisă, am implementat un server virtual de transcodare video și gestiune pentru a încărca și procesa clipurile video corespunzător formatelor necesare pentru aplicație, având o interfață ușor de folosit pentru utilizatori și permițând controlul lor asupra parametrilor de transcodare video.

Privind metainformația aferentă unui clip hipervideo, am propus un model teoretic pe 7 dimensiuni pentru structurarea metainformației necesare pentru a permite realizarea inteligentă de video interactiv, permițând atât anotarea clipurilor video individuale, cât și realizarea de filme interactive compuse din mai multe clipuri video, și înregistrarea interacțiunilor utilizatorilor cu toate acestea.

Pentru adnotări, am propus un model teoretic ce ține cont de majoritatea tipurilor de adnotări ce pot apărea, precum și de tipul interacțiunilor cu informația suplimentară obținută în urma adnotării. Am realizat o implementare practică a acestui model și o interfață de generare a adnotărilor pentru un material video.

Ca urmare a stagiului meu desfășurat într-un institut de cercetare din Austria în vara anului 2012, am contribuit la dezvoltarea unui player multiplatformă/multiecran numit LIME Player, care redă clipul video îmbogățit cu adnotări semantice, modificându-l și adaptându-l ulterior la nevoile acestei teze. Am participat la proiectarea, dezvoltarea și implementarea acestui player de hipervideo prin documentare și studierea conceptului, cercetarea de playere video HTML5 existente care să poată fi adaptate la cerințele proiectului, și am propus alegerea playerului VideoJS, adoptat în cadrul proiectului, pentru a dezvolta un player video interactiv semantic, orientat pe obiect.

În colaborare cu un alt coleg din cadrul Salzburg Research, am dezvoltat un player video semantic interactiv prototip, implementându-l pe baza modelului Model-View-Controller. Folosind limbajul Javascript și bibliotecile asociate jQuery și jQueryUI, am implementat prima fază a dezvoltării acestui player video semantic orientat pe obiect, am propus idei care să îmbogățească proiectul, și am programat controllerul și câteva din widget-urile preconizate pentru player. Lucrul nostru s-a concentrat pe scenariul Web și TV, având incluse cazurile de afișare Fullscreen și Window, scenariul Mobile fiind preluat de Universitatea din Passau, Germania.

Procesul de dezvoltare în continuare a acestui player continuă și în prezent, lucrându-se la noi scenarii care să se adapteze cât mai bine utilizatorilor, precum și la implementarea a noi tipuri de widget-uri. O direcție viitoare de dezvoltare este dezvoltarea unor widget-uri capabile să interacționeze între ele, pentru a crea o experiență mai complexă și mai angrenantă. Reprezentarea unor anotări în mișcare este de asemenea o prioritate.

Video interactiv influențează modalitatea în care materialele video sunt concepute, filmate, editate și exportate. În cadrul acestui capitol, am analizat critic implicațiile conceptului de video interactiv asupra producției materialelor video componente, dezvoltând o serie de recomandări și principii directe pentru realizarea lor. Aceste recomandări au ca scop minimizarea erorilor ce pot apărea la adăugarea ulterioară a aspectelor interactive, în cazul în care producția video este efectuată fără a se ține cont de aceste principii. Aceste recomandări și principii au fost testate practic și validate în cadrul implementărilor făcute în studiile de caz descrise în capitolul 5.

Din punct de vedere practic, în cadrul studiilor de caz prezentate în capitolul 5, am filmat și editat anumite materiale video destinate special pentru a fi folosite într-un sistem interactiv. Pentru filmarea materialelor video, am folosit un aparat DSLR capabil de înregistrare video și un telefon mobil. O altă metodă de generare a materialelor video a fost prin înregistrarea ecranului unui calculator folosind programul de captură de ecran Windows Media Encoder. Pentru post-producția materialelor video, am folosit programul profesional de editare video neliniară Adobe Premiere.

Însumate, consider că toate aceste elemente descriu un sistem robust de generare a video interactiv. Acest capitol acoperă toate aspectele de generare și prezentare a materialelor video interactive, folosind cele mai noi tehnologii și fiind adaptat la o plajă largă de dispozitive și interacțiuni posibile.

Anumite aspecte ce țin de funcționarea sa mai bună, de corelarea video-video și de video-om, inteligență și adaptivitate, precum și aspecte de uzabilitate am ales să le tratez în capitolele ce urmează.

3.4 Capitolul 4

În acest capitol, am analizat aspectele ce țin de corelarea materialelor hipervideo între ele, precum și adaptarea lor la utilizatorii ce le vizionează. Din punct de vedere al corelării clipurilor hipervideo, putem distinge cazul în care asocierea lor se face manual de către un producător, sau cel în care asocierea se face automat pe baza unor procese și algoritmi computerizați de generare a metainformației.

Am identificat dimensiunea de narațiuni hipervideo multclip în care pot exista mai multe trasee diferite prin informație. În această situație, mai multe clipuri video sunt asociate de către un producător de hipervideo într-o structură neliniară dar succesivă, pe care am numit-o film interactiv. Studiile citate în

această secțiune indică faptul că acest mod de a naviga prin informație este foarte antrenant și satisfăcător pentru utilizator și produce un transfer eficient al informației. Faptul că această narațiune este interactivă presupune implicarea directă a utilizatorilor prin luarea unor decizii privind materialele ce urmează a fi vizionate, alegând din două sau mai multe opțiuni. Am subliniat importanța deciziilor interactive întâlnite la finalul unui clip, pentru a oferi sugestii relevante și precise de vizionare a altor materiale. Același principiu, deși mai puțin critic, poate fi aplicat și la clipurile video interactive individuale.

Plecând de la o bibliotecă Javascript, am realizat o unealtă web de implementare a filmelor interactive ca parte din platforma *Interactive Web Platform* propusă, ce permite interconectarea manuală facilă a clipurilor video și definirea facilă a deciziilor în cazul unor trasee multiple ce pleacă dintr-un nod al narațiunii.

De asemenea, am prezentat câteva metode relevante și actuale de extragere automată a metainformației din audio și video și de generare a adnotărilor dintr-un material video, prin folosirea aplicațiilor NLP - Natural Language Processing. Am propus un model pentru a folosi această metainformație generată automat pentru a corela tematic clipuri hipervideo autonome (fără a fi parte dintr-o narațiune logică de tip film interactiv).

Am implementat și o soluție practică pentru procesarea automată în regim *pipeline*, extrăgând fluxul audio din clip, convertindu-l în text folosind un sistem *ASR*, textul rezultat folosindu-l pentru analiza semantică și extragerea de „entități” - termeni ce vor fi folosiți ca adnotări automate. Această soluție este valabilă doar pentru limba engleză, limitată de algoritmi de recunoaștere audio-text. Toate contribuțiile privind corelarea manuală sau automată a clipurilor hipervideo sunt prezentate pe larg în subcapitolul 4.1.

Pentru o experiență cât mai plăcută și relevantă a utilizatorului cu video interactiv, este nevoie de o adaptare cât mai eficientă a materialelor video la utilizator și la nivelul cunoștințelor sale, la preferințele și interesele sale. Pentru a obține această adaptivitate și a infuza inteligență unui sistem video interactiv, este nevoie de colectarea de date personale ale utilizatorului, cu acordul său, precum și informații legate de modul lui de folosire a aplicației i-video.

Modelul conceptual propus în acest capitol presupune colectarea non-intruzivă a interacțiunilor utilizatorului cu clipul hipervideo și mediul aferent, și folosirea acestor statistici pentru a modela profilul utilizatorilor conform unor clasificări psihologice consacrate în literatura de specialitate. Aceste statistici pot de asemenea furniza informații privind interesul utilizatorilor într-un anumit subiect.

Ca atare, în subcapitolul 4.2, am propus o clasificare a tipurilor de interacțiune cu un material video pe 4 nivele - cu clipul video propriu-zis (redarea materialului), cu conținutul informațional al video prin navigarea în profunzime (mai multe informații despre un subiect) sau în plan orizontal (alte video asemănătoare sau pe teme corelate), socială (cu alți utilizatori) și participativă (contribuind cu materiale multimedia înapoi în sistem).

Pentru fiecare categorie, am specificat interacțiunile aferente. Am specificat apoi tipurile de informații care trebuie colectate pentru a evalua cele 4 tipuri de interacțiune ale utilizatorului cu un sistem i-video identificate. Aceste date de interacțiune, pentru fiecare interacțiune a utilizatorului, au forma unei matrice unidimensionale, pe care l-am numit vector interacțiune. Vectorul interacțiune conține atât informații care să identifice unic elementul cu care s-a interacționat, precum și tipul de interacțiune efectuată (anumite interacțiuni putând fi incluse în mai multe categorii din cele definite).

Am căutat în literatura de specialitate modele de profilare psihologică și comportamentală care să permită sistemului să colecteze și să evalueze informații despre utilizator, construind scoruri de personalitate utilizatorilor, în funcție de interacțiunile lor cu sistemul. Am propus un model conceptual simplu și extensibil de profilare a utilizatorilor pe baza interacțiunilor cu materialele video, într-un sistem i-video, care să permită dezvoltarea adaptivității sistemului la utilizatorii săi. Adaptarea înseamnă atât descoperirea de conținut nou relevant pentru interesele unui utilizator, cât și facilitarea unor interacțiuni sociale între utilizatori cu profile și interese similare.

Faptul că această profilare și adaptare se realizează non-intruziv, fără ca utilizatorul să fie nevoit să facă ceva anume în afara folosirii naturale a sistemului, este un atu important. De asemenea, sistemul este iterativ, rezultatele sale îmbunătățindu-se succesiv, pe măsură ce beneficiază de mai multe informații despre utilizator. Însă este necesară colectarea unui minim de informație privind interacțiunea cu hipervideo pentru a putea începe realizarea unei interpretări aproximative despre profilul utilizatorului.

De asemenea, faptul că putem folosi vectorul interacțiune pentru a măsura interesul utilizatorilor pe anumite teme este un câștig. Acest interes poate fi interpretat fie ca un grad mare de curiozitate pentru tema respectivă, fie ca dificultate în a înțelege anumite concepte prezentate. Ambele tipuri de informații pot fi folosite pentru a îmbunătăți calitatea materialelor hipervideo prezentate, pe lângă aspectele deja discutate de adaptivitate.

Principala direcție de cercetare viitoare în acest domeniu este testarea acestui model de profilare și adaptare în practică, prin compararea rezultatelor testelor de personalitate administrate manual cu rezultatele obținute automat prin mecanismul automat propus. Pe baza acestor rezultate, modelul poate fi îmbunătățit. Un alt element cheie ar fi determinarea unui model psihologic potrivit, ca și compromis între acuratețea reprezentării utilizatorilor și complexitatea implementării sale, și adaptarea sa la modelul de interacțiuni cu video. Prezentarea pe larg a tuturor acestor contribuții se găsește în subcapitolul 4.2.

3.5 Capitolul 5

Video interactiv poate fi aplicat la o varietate mare de domenii. În acest capitol, am aplicat principiile descrise în capitolele precedente la 3 domenii concrete - divertisment, educație academică online și formare profesională în cadrul firmelor. Am descris implementările făcute și am analizat rezultatele și implicațiile lor, făcând recomandări acolo unde a fost cazul.

Pentru cazul divertisment, am prezentat implementarea unui film interactiv constând din 37 de fișiere modulare componente filmate special pentru acest scop, asociate într-un fir narativ prin platforma propusă, cu 11 puncte de decizie. Câteva din aceste clipuri video fuseseră adnotate cu referințe externe, unul din acestea fiind un produs încorporat interactiv, pe care utilizatorii puteau să-l evalueze în vederea cumpărării. Acest film a fost implementat cu accent pe partea narativă multi-clip, rezultând o structură foarte complexă cu peste 1000 de posibile moduri de a viziona hiperfilmul. Rezultatele de vizionare au fost și ele pozitive, confirmând interesul utilizatorilor.

De asemenea, am analizat alte două situații ce pot fi clasificate în acest domeniu de divertisment - clipurile hipervideo publicitare, și ghidurile turistice video interactive. În cazul reclamelor încorporate în clipul hipervideo, concluzia mea a fost aceeași cu cea a altor studii în acest domeniu - este avantajoasă și antrenantă crearea de reclame video interactive pentru vânzări. Prin asocierea aspectelor de profilare a utilizatorului și adaptare, descrise în capitolul 4, putem avea o unealtă extrem de puternică pentru promovarea și vânzarea produselor către grupuri țintă și persoane ale căror interese și achiziții trecute sunt iterativ cunoscute de către platformă. Pentru cazul de ghid turistic interactiv, putem avea situații în care materialele aferente ghidului să fie văzute fie dintr-o locație aleatoare (sufrageria utilizatorului), fie chiar din locația descrisă în ghid (utilizatorul este la locul descris de video). Este evidentă importanța capitală a geolocației utilizatorului, pentru a furniza informații privind evenimente relevante din vecinătate și alte obiective de interes.

Pentru cazul de educație, am prezentat aplicativitatea hipervideo în cadrul unui curs de nivel universitar, am discutat pe scurt o implementare hipervideo pentru un seminar de compresie audio-video. În acest caz, am folosit captura de ecran ca metodă de înregistrare video, iar prin adnotări, am asigurat profunzimea informațională. Analizând rezultatul și implicațiile sale, am arătat că hipervideo se potrivește perfect noii paradigme MOOC din educația online. Dacă permitem clipurilor video interactive să-și asume rolul de principal tip de media folosit în MOOC, ele au potențialul de a duce procesul educațional într-o nouă etapă, privind eficiența învățării și gradul ridicat de satisfacție a studenților. Consider MOOC ca fiind domeniul în care hipervideo este cel mai bine adaptat, alături de reclamele și filmele interactive.

Am studiat de asemenea și contextul de pregătire permanentă profesională în cadrul organizațiilor. Pentru acest scenariu, am implementat un tutorial despre scrierea proiectelor pentru accesarea de fonduri europene, pentru o companie de consultanță financiară cu filiale distribuite în mai multe locații în țară. Rezultatele mă determină să consider că video interactiv poate fi folosit cu succes pentru implementarea unor tutoriale și materiale informative pentru angajați, iar cazurile cele mai potrivite sunt firmele medii și mari, sau organizațiile având filiale distribuite în mai multe locații diferite.

În toate cazurile descrise, dezvoltarea și implementarea hipervideo este un proces mai costisitor din punct de vedere al timpului și al resurselor, și poate necesita competențe specializate. Însă studiile de caz se adresează în special organizațiilor mai mari (școli și universități, firme medii și mari, companii media profesioniste de producție video), unde există fonduri pentru rezolvarea acestor probleme. Bazat pe experiența mea cu hipervideo, consider că deși pe termen scurt, este un efort producerea hipervideo, pe termen mediu și lung, video interactiv poate produce economii substanțiale, asigurând stocarea informației produse de specialiști în cel mai captivant și fidel format media inventat până în prezent.

4 Contribuții și concluzii

Această teză am dedicat-o domeniului emergent de video interactiv, aflat la confluența celor două mari curente media ale lumii moderne - televiziunea și internetul - fiecare din ele având avantaje și vulnerabilități. Fuziunea numită video interactiv poate însă să aducă împreună doar avantajele celor două lumi, cu implicații imense în modul în care asimilăm informație.

Elementele cheie în această ecuație sunt metainformația, definirea elementelor interactive în cadrul video prin adnotări, decizii și informație inclusă suplimentar în video, intercorelarea eficientă video-video și adaptarea inteligentă a materialelor video la utilizatori prin colectarea de informații comportamentale și un proces de învățare continuă a sistemului. În aceste domenii am făcut tot posibilul să ofer contribuțiile mele teoretice și practice.

4.1 Contribuții teoretice

La începutul capitolului 2 am desfășurat un studiu critic asupra istoricului hipervideo, și a evoluției conceptelor de-a lungul anilor, arătând dorința perpetuă de a infuza interactivitate sub diverse forme materialelor video încă de la inventarea televiziunii, dar și eșecurile înregistrate până la momentul scrierii

acestei teze. Însă apariția World Wide Web-ului și apariția etichetei <video> în HTML5 au deschis perspective promițătoare pentru video interactiv. Studiul meu evaluează implementări actuale ale sistemelor hipervideo, prezentând avantajele și dezavantajele lor și subliniind nevoia de contribuții suplimentare în acest domeniu, ceea ce a constituit motivația tezei mele.

În continuare, în cadrul tezei, am analizat conceptele relevante și dezvoltările tehnologice actuale în domeniul de interes înrudit cu cel ales. Am trecut în revistă principalii factori ce pot contribui la dezvoltarea eficientă a unui sistem i-video - concepte Web, codec-uri video, limbaje de programare și dispozitive capabile de a reda conținut multimedia - reliefând modul în care aceste lucruri pot fi aduse împreună în HTML5. Prezentarea pe larg a contribuției se găsește în subcapitolele 2.3, 2.4 și 2.5.

Am evaluat și dimensiunea de uzabilitate și accesibilitate a acestui domeniu, evaluând experiențele de creare/generare a unui material video interactiv, precum și partea complementară de vizualizare a acestora, propunând recomandări ce pot îmbunătăți experiența utilizatorilor cu video interactiv, și analizând implicațiile hipervideo pentru interacțiunile sociale între utilizatori. Plecând de la un model de 8 componente pentru interfața unui video interactiv al lui Sadallah, am arătat că modelul său trebuie extins pentru a include dimensiunea de narațiuni video. Prezentarea pe larg a contribuției se găsește în subcapitolul 2.6.

Video interactiv influențează de asemenea modalitatea în care materialele video sunt concepute, filmate, editate și exportate. Am dezvoltat un studiu critic asupra influenței video interactiv asupra producției de materiale video, și în urma acestui studiu și a experienței proprii în realizarea materialelor video, am dezvoltat un set de recomandări pentru cei ce doresc să producă materiale video destinate pentru un sistem interactiv. Prezentarea pe larg a contribuției se găsește în capitolul 3.7 din această teză.

Ca urmare a cercetării depuse, a experienței profesionale de peste 10 ani în televiziune și media digitală, precum și a acumulării de informații pe temele menționate mai sus, am trecut la propunerea unei model pentru un sistem complex de generare i-video. Am prezentat arhitectura sa, caracteristicile pe care acesta trebuie să le posede, și modul în care să abordeze cele două cazuri de video interactiv luate în considerare - narațiuni multi-video și clipuri video singulare. Prezentarea pe larg a contribuției se găsește în subcapitolele 3.1 și 3.2.

Pentru a înregistra precis metainformația aferentă unui clip hipervideo, am propus un model de adnotare flexibil pe 7 dimensiuni, capabil să stocheze metainformațiile necesare pentru clipuri video individuale, filme interactive și decizii, adnotări și înregistrarea interacțiunilor utilizatorilor. Contribuția este prezentată în subcapitolul 3.3. Am propus și implementat un model pentru adnotările individuale ce permite o maximă flexibilitate în definirea de legături și informații externe sistemului, în subcapitolul 3.4.

În special pentru clipurile video independente, necorelate manual de către creator cu alte clipuri video, apare nevoia de corelare cu alte materiale asemănătoare, într-un mod mai precis decât prin folosirea unor etichete sau categorii. În această teză am evaluat posibilele metode de analiză și extragere de metainformație automată a clipurilor video, și am propus un model teoretic de intercorelare a clipurilor video, prin procesarea audio și video pentru a extrage text, și apoi procesarea textului rezultat prin sisteme NLP. Am analizat de asemenea și principiile ce stau la baza asamblării unei narațiuni video multi-clip, pe care am numit-o film interactiv. Prezentarea pe larg a acestor contribuții se găsește în subcapitolul 4.1.

Am analizat conceptul de interacțiune, video interactiv și implicațiile sale, clasificând interactivitatea utilizatorilor cu materialele hipervideo pe 4 nivele distincte - Interes, Conținut, Social și Contributiv - analizând implicațiile acestora. Pentru a infuza inteligență unui sistem video interactiv, am căutat în literatura de specialitate modele de profilare psihologică și comportamentală care să permită sistemului să colecteze și să evalueze informații despre utilizator, construind scoruri de personalitate utilizatorilor, în funcție de interacțiunile lor cu sistemul. Am propus un model de colectare și analiza a datelor privind interacțiunea utilizatorului cu sistemul video interactiv.

Prin corelarea acestor date de interacțiune cu modele psihologice adaptate la contextul de video interactiv, am propus o metodă conceptuală de estimare iterativă continuă a personalității unui anumit utilizator. Pentru exemplificare, am propus două astfel de modele psihologice de catalogare/profilare a utilizatorilor pe două, și respectiv patru nivele, acestea putând fi completate și extinse în continuare prin alte modele.

De asemenea, am propus un mecanism de evaluare a interesului unuia sau a mai multor utilizatori pentru un subiect anume, prin corelarea datelor de interacțiune cu informații care ponderează aceste interacțiuni. Pe baza acestor soluții de estimare a gradului de interes a utilizatorului pe anumite teme și a profilului său psihologic, am arătat că se pot dezvolta recomandări și metode de a adapta conținutul hipervideo la utilizatori și la interesele sale. Prezentarea pe larg a acestei contribuții se găsește în subcapitolul 4.2.

Apoi, în urma analizei studiilor de caz realizate și prezentate în capitolul 5, am extras concluzii suplimentare și principii directe pentru o platformă de video interactiv. Aceste principii sunt adaptate la contextul celor trei domenii aplicative luate în calcul - divertisment, educație digitală și formare profesională - unde consider că o asemenea platformă ar avea un rol major.

4.2 Contribuții practice

Pentru a demonstra și a testa concret principiile expuse în cadrul acestei teze, folosind o paletă largă de tehnologii, am dezvoltat o platformă web prototip de adnotare și generare narațiuni video interactive

numită Interactive Video Platform, descrisă în capitolul 3. Aceasta include încărcarea și stocarea clipurilor video și a metainformației, generarea metainformației manual sau automat și adnotarea acestor materiale video cu diverse resurse externe. Am realizat interfețe web pentru toate aceste procese, ele fiind interfața sistemului video interactiv propus. Din punct de vedere administrativ, platforma propusă am realizat-o folosind un server de baze de date MySQL pentru stocarea metainformației, un server web Apache+PHP, precum și alte programe pentru transcodarea și procesarea video și a metainformației. Logica programatică necesară pentru procesarea și afișarea metainformației interactive a fost realizată în limbajele PHP și Javascript.

Pentru partea de stocare și procesare a metainformației și a fișierelor video, am realizat o soluție prototip ce implementează modelul teoretic propus, sub forma unei mașini virtuale. Pentru procesarea video, pe mașina virtuală a fost configurată o soluție automată de transcodare video folosind biblioteca FFMPEG și alte biblioteci dependente, pentru transcodarea clipurilor în formatele video cerute de HTML5 și extragerea imaginilor statice. Am descris pe larg acest proces în cadrul subcapitolului 3.3.

Folosind aceeași bibliotecă FFMPEG, am implementat o soluție experimentală automată în regim „pipeline” de extragere a fluxului audio din clipul video, conversia sa în text și analiza semantică a textului rezultat. Această analiză o fac pentru a recunoaște entități - termeni în text - care pot fi asociate automat cu surse externe de informație, ele devenind astfel adnotări generate automat. Pentru aceasta, am folosit sistemele în sursă deschisă Sphinx ASR (Automatic Speech Recognition) pentru conversia audio-text și Apache Stanbol (NLP - Natural Language Processor) pentru procesarea semantică a textului rezultat. Contribuția este descrisă în secțiunea 4.1.3.

Platforma permite de asemenea interconectarea materialelor video în narațiuni și generarea de decizii interactive, într-un mod facil și accesibil. Am dezvoltat în acest sens o interfață grafică pentru realizarea manuală a intercorelărilor clipurilor de către un autor-producător de film interactiv, prezentată în subcapitolul 3.4.2 și 4.1.2. Prin abordarea tuturor acestor aspecte esențiale care țin de crearea și administrarea hipervideo (fie ca și clipuri autonome, fie ca narațiuni multi-clip), am propus o soluție integrată de generare a materialelor video interactive, dezvoltată pentru producătorii de video interactiv. Prezentarea pe larg a contribuției se găsește în subcapitolele 3.3, 3.4 și 4.1.

De asemenea, ca urmare unui stagiu desfășurat în Institutul de cercetare Salzburg Research din Austria în vara anului 2012, în cadrul unui proiect european de cercetare numit ConnectME, am contribuit la dezvoltarea unui player HTML5 multiplatformă și multiecran care afișează adnotări definite semantic pentru un clip video, prin intermediul unor elemente interactive de logică programatică numite widget-uri, permițând interacțiunea utilizatorilor cu informațiile adnotate și prezentate în video. Acesta a fost testat și găsit ca funcțional pe calculatoare personale, televizoare inteligente, tablete și telefoane mobile. Această parte de redare a hipervideo completează armonios contribuția practică descrisă mai sus, prin faptul că tratează prezentarea spre public/utilizatori a materialelor video interactive generate de către producător. Prezentarea pe larg a contribuției se găsește în subcapitolul 3.5.

Am implementat de asemenea câteva studii de caz pentru a oferi o înțelegere mai bună asupra aplicativității domeniului ales pentru cercetare, și a explora particularități ce apar în diverse cazuri. Aceste cazuri particulare le-am ales pentru a reflecta domeniile pe care le consider ca prime beneficiare în urma cercetării din această teză - divertisment, educație și formare profesională în cadrul organizațiilor. Pentru cazul divertisment, am realizat un film interactiv, descris în secțiunea 5.1. Am evaluat de asemenea aspectele ce țin de publicitate privind produsele interactive încorporate într-un material hipervideo, precum și implicațiile hipervideo pentru turism.

Am abordat de asemenea dimensiunea de e-learning, printr-un curs produs prin această platformă și detaliat în subcapitolul 5.2, analizând apoi implicațiile pentru noua paradigmă MOOC (Massive Open Online Courses) în educația online, unde consider că hipervideo este o unealtă foarte potrivită pentru îmbunătățirea procesului educațional. Pentru cazul de formare profesională în organizații, am realizat un tutorial interactiv privind un proiect de finanțare, prezentat în subcapitolul 5.3. Acest studiu de caz ilustrează beneficiile folosirii unui sistem de video interactiv pentru organizații medii și mari, când este necesar un grad mare de expertiză într-un anumit domeniu și în special atunci când organizația are filiale în locații distribuite geografic. Pentru fiecare din cazuri, am discutat implicațiile fiecărui caz și moduri de a optimiza implementarea lor, precum și aspecte ce țin de uzabilitate. Prezentarea pe larg a contribuției și concluziilor rezultate se regăsește în capitolul 5.

În urma filmării, editării și generării de materiale video pentru acest sistem și studiile de caz prezentate mai sus, am explorat implicațiile concrete pentru cameramani și editori pentru generarea de materiale video pentru paradigma interactivă, generând un set de recomandări practice. Prezentarea pe larg a contribuției se găsește în capitolul 3.8.

4.3 Direcții de cercetare pentru viitor

Domeniul de video interactiv este încă la început de drum, și posibilitățile deschise de acesta sunt imense. În contextul creșterii exponențiale a cantității de informație din jurul nostru, și materialele video fiind și ele prinse în același curent, există o nevoie tot mai mare de a evalua automat un clip video și de a extrage eficient metainformație de calitate cât mai bună din procesarea materialului video, la scară globală,

dincolo de microsisteme video închise. Principalul obstacol, volumul uriaș de informație de procesat în cazul unui clip video, va fi treptat depășit de creșterea capacității de procesare.

De asemenea, dezvoltarea de algoritmi mai performanți pentru automatizarea adnotărilor este o direcție importantă de cercetare pentru viitorul video interactiv. Pentru studiul meu, am folosit fluxul audio pentru a genera adnotări automate, însă pentru clipurile video, evident informația dominantă rămâne cea de imagine. De aceea consider necesară dezvoltarea de algoritmi cât mai performanți care să permită eficiență maximă în recunoașterea automată semantică a informației video, și o văd ca o direcție majoră de cercetare ulterioară.

Este nevoie de studii suplimentare care să clarifice și să aducă profunzime noțiunii de interacțiune a utilizatorilor cu video, și a nivelului lor de implicare. Recomand studierea cazurilor în care lipsa interacțiunii cu materialele nu înseamnă lipsa interesului, ci doar pasivitate sau observare, și acest lucru poate fi implementat prin metode de urmărire a privirii utilizatorului (*eye-tracking*) folosind camere încorporate în dispozitiv.

Și nu în ultimul rând, teza mea propune un model conceptual al clasificării utilizatorilor în urma interacțiunii lor cu video. Este necesară testarea în practică a acestui model, prin compararea profilului generat automat de sistem cu un test de personalitate administrat personal. Pe baza rezultatelor, se poate face o mai bună adaptare la utilizatori folosind modele psihologice mai performante și mai precise, rețele neuronale și alte tehnologii adaptive.

Teza de față abordează un domeniu larg cu implicații în multe alte domenii în afara celor 3 luate în considerare ca studii de caz. Aceste studii de caz au scos în evidență faptul că fiecare domeniu își are particularitățile sale, iar aceste diferențe trebuie susținute printr-un sistem adaptiv interactiv multimedia. De aceea, o direcție principală de cercetare rămâne evaluarea impactului hipervideo asupra altor domenii de activitate.