
REZUMAT:

Raport de testare software

Proiect complex:

PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0917

Proiect component:

P2 - Comunicații eficiente bazate pe dispozitive inteligente în scenarii interactive de realitate augmentată pentru autovehicule

Parteneri:

Universitatea Ovidius din Constanța

Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava

Autori:

Universitatea Ovidius din Constanța

Prof.univ.dr. Dorin Mircea POPOVICI

Conf.univ.dr. Dragoș-Florin SBURLAN

Conf.univ.dr. Crenguța Mădălina PUCHIANU

Lect.univ.dr. Elena BĂUTU

Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava

Prof.dr.ing. Radu-Daniel VATAVU

Prof.dr.ing. Ștefan-Gheorghe PENTIUC

Conf. univ. dr.ing. Ovidiu-Andrei SCHIPOR

Cuprins

Cuprins	2
1. Introducere	3
2. Design experimental	3
3. Metodologia experimentală	4
4. Aparatura tehnică	4
5. Rezultate experimentale	5
6. Explorarea de oportunități de aplicații pentru scenarii de utilizare in-vehicle și evaluarea preliminară a utilizabilității percepute	6
7. Concluzii	8

Versiunea extinsa si completa a acestui document a fost inaintata UEFISCDI prin platforma EVOC. Aceasta versiune completa va fi publicata online pe site-ul proiectului dupa valorificarea rezultatelor cercetarii printr-o publicatie stiintifica!

© Universitatea Ovidius Constanța
© Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava

Reproducerea sau utilizarea integrală sau parțială a prezentului document în orice publicații și prin orice procedeu (electronic, mecanic, fotocopiare, multiplicare etc.) este interzisă dacă nu există acordul scris al partenerilor (Universitatea Ovidius din Constanța și Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava).

1. Introducere

Acest document prezintă rezumatul testărilor software ale arhitecturii **Euphoria (Event-based Unified Platform for Heterogeneous and Asynchronous Interactions)**, o nouă arhitectură pentru implementarea de interacțiuni flexibile, eterogene și asincrone cu conținut digital în noi medii inteligente și contexte de aplicare privind realitatea augmentată, cum ar fi sistemele de realitate augmentată in-vehicle adresate în cadrul proiectului component P2.

Testarea a fost realizată sub forma unui experiment științific controlat cu variabile independente, dependente și ipoteze urmând un design experimental cu măsuratori repetate bine specificat.

2. Design experimental

Aspectul principal de care am fost interesați în aceste testări este reprezentat de performanța temporală privind procesarea evenimentelor în cadrul arhitecturii software *Euphoria*. Această performanță a fost evaluată folosind variabila dependentă TIMP-RĂSPUNS-CERERE definită ca timpul mediu, exprimat în milisecunde, necesar pentru ca un eveniment să fie procesat în cadrul *Euphoria*. Prin măsurarea acestei variabile se urmărește întregul traseu al evenimentului, de la crearea sa de către un producător până la consumul de către un dispozitiv de tip consumator.

Designul experimental a constat în efectuarea de măsurători repetate asupra variabilei dependente TIMP-RĂSPUNS-CERERE controlând următoarele trei variabile independente:

1. DIMENSIUNE-MESAJ, variabilă interval cu cinci condiții experimentale, reprezentând dimensiuni ale mesajelor procesate în cadrul *Euphoria*, cu valori cuprinse între 64 bytes și 16 KBytes într-o progresie geometrică cu rația 4, și anume 64B, 256B, 1024B, 4096B și, respectiv, 16384B. DIMENSIUNE-MESAJ reprezintă cantitatea de informații conținute de un eveniment care a fost creat, transmis și procesat în cadrul arhitecturii *Euphoria*. Ipotezele nule (H_{i0}) sunt reprezentate de faptul că dimensiunea mesajului nu influențează timpul de răspuns al solicitării și, prin urmare, nu există o relație între cele două variabile. În schimb, ipotezele alternative (H_{i1}) afirmă faptul că mesajele mai mari vor necesita mai mult timp pentru procesare și, în plus, dependența dintre variabilele DIMENSIUNE-MESAJ și TIMP-RĂSPUNS-CERERE este una liniară
2. TIP-DISPOZITIV, variabilă ordinală cu trei condiții, reprezintă diverse capacități de procesare ale dispozitivelor conectate la arhitectura *Euphoria*: *low-end*, *midrange* și *high-*

end (a se vedea secțiunea "Aparatură" pentru detalii tehnice ale acestor condiții experimentale).

3. COMPLEXITATE-MEDIU, variabila interval, reprezentând numărul de consumatori care rulează simultan efectuând cereri și primind răspunsuri în cadrul arhitecturii *Euphoria*.

Atât variabilele independente DIMENSIUNE-MESAJ cât și COMPLEXITATE-MEDIU sunt legate direct de proprietatea de scalabilitate a arhitecturii. Variabila independentă TIP-DISPOZITIV testează flexibilitatea arhitecturii din perspectiva capacității de a gestiona diferite tipuri de dispozitive.

3. Metodologia experimentală

În cadrul experimentului am variat dimensiunea și conținutul fiecărui mesaj și am randomizat ordinea tipurilor de dispozitive și complexitatea mediului. Fiecare mesaj generat de un producător a fost difuzat de către arhitectura *Euphoria* tuturor consumatorilor, ceea ce ne-a permis să măsurăm timpul de răspuns în condiții de încărcare maximă a rețelei și arhitecturii, conform condițiilor testate.

Am constatat că rezultatele au fost ușor diferite la repetiții diferite și, prin urmare, am ales să calculăm și să raportăm media valorilor obținute în cadrul mai multor încercări. Empiric, am constatat faptul că rezultatele medii rămân aceleași în cazul încercărilor într-un număr mai mare de 1,000 repetiții. Astfel, am efectuat 1,000 de repetiții pentru fiecare combinație ale variabilelor independente DIMENSIUNE-MESAJ × TIP-DISPOZITIV × COMPLEXITATE-MEDIU, rezultând $5 \times 3 \times 11 \times 1,000 = 165,000$ încercări experimentale.

4. Aparatura tehnică

Motorul de procesare al arhitecturii *Euphoria* a rulat pe un PC cu procesor Intel Core i7-4510U pe 64 biți cu frecvența de 2.60 GHz, memorie 8 GB RAM și sistem de operare Windows 7. Producătorii, emițătorii, receptorii și consumatorii au fost implementați pe următoarele dispozitive mobile, reprezentând cele trei condiții ale variabilei independente TIP-DISPOZITIV:

1. Samsung Galaxy S III, un smartphone cu procesor dual-core Cortex A9 pe 32 biți, 1GHz și 1GB RAM, care rulează Android 4.1. Procesoarele de 1GHz sunt acum comune pe multe dispozitive care pot fi purtate, cum ar fi ceasurile smart (de exemplu, Gear Fit 2 Samsung), în timp ce procesorul ARM A9 a fost înlocuit de arhitecturi mai avansate. Din aceste

considerente, acest echipament reprezintă condiția experimentală *low-end* în cadrul experimentului nostru.

2. Samsung Galaxy Tab 4, o tabletă cu CPU Cortex A53 pe 64 biți Quad-core, 1.4GHz, 1.5GB RAM, care rulează Android 4.4. În comparație cu arhitectura A9, A53 are mai multe nuclee CPU, frecvență mai mare a procesorului, suport pentru aplicații pe 64 biți, virtualizare hardware asistată, scalare dinamică a frecvenței și unitate de calcul în virgulă mobilă îmbunătățită. Mai multă memorie RAM și un sistem de operare îmbunătățit implică de asemenea o performanță mai bună, ceea ce face să considerăm acest echipament ca fiind condiția experimentală *midrange*.
3. Acer Aspire V15 Nitro, un notebook cu procesor quad-core pe 64 biți i7-4710 @ 2.50GHz, memorie RAM de 12 GB, rulează Windows 10. Comparativ cu modelele A9 și A53, arhitectura procesorului i7 se bazează pe o tehnologie avansată ce permite un consum redus de energie și viteze mari de procesare. De asemenea, tehnologia hiper-thread și seturile de instrucțiuni dedicate, cum ar fi FMA (Fused Multiply-Add) și AVX (Extended Vector Extensions) sunt aspecte care măresc viteza de procesare. Din aceste considerente, acest echipament reprezintă condiția experimentală *high-end*.

5. Rezultate experimentale

În ceea ce privește efectul variabilei DIMENSIUNE-MESAJ asupra TIMP-RĂSPUNS-CERERE pentru fiecare condiție a variabilei independente TIP-DISPOZITIV, în medie, timpul de răspuns a variat între 11 ms pentru mesaje de dimensiune 64B primite de către consumatori care rulează pe dispozitive *high-end* și 141 ms pentru mesajele de 16KB transmise către consumatori care rulează pe dispozitive *low-end*. Aceste rezultate ne permit să respingem ipoteza H_{10} și să acceptăm H_{1A} : mesajele de dimensiuni mai mare sunt procesate într-un timp mai lung.

Referindu-ne la efectul variabilei independente COMPLEXITATEI-MEDIU asupra TIMP-RĂSPUNS-CERERE pentru fiecare TIP-DISPOZITIV, în medie, timpul de răspuns a variat de la 9 ms pentru condiția în care avem doar un consumator care rulează pe un dispozitiv *high-end* și 113 ms când mesajele au fost transmise către 101 consumatori care rulează pe dispozitive *low-end*. Aceste rezultate ne determină să respingem ipoteza H_{40} și să acceptăm ipoteza H_{4A} . De asemenea, aceste rezultate confirmă H_{3A} și resping ipoteza H_{30} : dispozitive cu performanțe tehnice superioare procesează mesajele mai repede.

Rezultatele experimentale arată faptul că *Euphoria* poate procesa mesaje cu o performanță temporală suficientă pentru a determina perceperea unui răspuns ca fiind instantaneu de către utilizatori, e.g., timpul de răspuns mediu de 150 ms pentru cel mai lent dispozitiv (procesor A9)

în cazul celor mai mari mesaje (64 KB) și în mediul cu cel mai mare număr de consumatori (101). Trebuie de asemenea precizat faptul că arhitectura *Euphoria* nu a fost testată pentru situații critice, care necesită răspuns în timp real, nici dorindu-se acest lucru.

6. Explorarea de oportunități de aplicații pentru scenarii de utilizare in-vehicle și evaluarea preliminară a utilizabilității percepute

În cadrul etapei am explorat diverse aspecte de achiziție a datelor, respectiv furnizarea de feedback (vizual, auditiv, haptic) pentru contexte de interacțiune și utilizare în cadrul vehiculelor.

În acest sens, am fost interesați de posibilitatea de a augmenta sistemul de comandă și control dintr-un vehicul folosind gesturi efectuate de către utilizator/șofer pentru execuția de comenzi.

Pentru realizarea acestui obiectiv, am propus o arhitectură compusa dintr-un modul software de detecție a gesturilor utilizatorului pentru care am testat atât dispozitivul Leap Motion cât și brățara Myo, un modul de vizualizare a celei mai probabile selecții folosind un mini-proiector video, precum și un modul software care realizează legătura dintre gestul efectuat de către utilizator și execuția unei comenzi, pentru care am implementat o listă de opțiuni selectabile la mișcarea degetului.

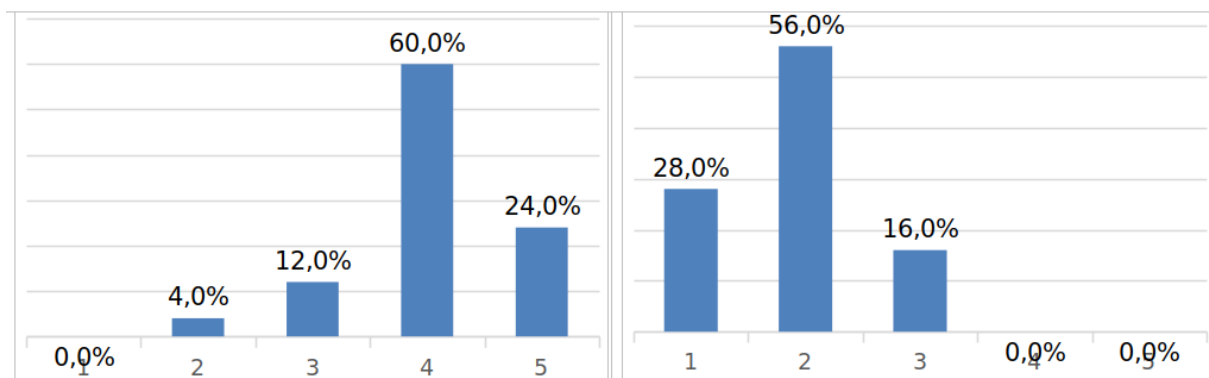


Figura 1. Rezultate (selecție) privind utilizabilitatea percepută de utilizatori privind prototipul implementat. Stânga: confortul perceput al utilizării, ca răspuns direct al participanților la întrebarea “M-am simțit confortabil in utilizarea aplicatiei” cu 5 variante de răspuns de tip Likert (1-Dezacord ferm, 2-Dezacord, 3-Nicio opinie, 4-De acord, 5-Ferm de acord). Dreapta: ușurința perceperii informației proiectate video, ca răspuns la întrebarea “Informația proiectată de modulul de vizualizare este greu de văzut” (1-Dezacord ferm, 2-Dezacord, 3-Nicio opinie, 4-De acord, 5-Ferm de acord).

De asemenea, am testat utilizabilitatea acestor dezvoltări privind utilitatea, comprehensibilitatea, ușurința de învățare și operabilitatea evaluate cu ajutorul unei metodologii de evaluare bazate pe măsurarea percepției folosind scale Likert cu 5 itemi. Extragem, din acest test, analiza răspunsurilor la 2 întrebări din chestionar, ilustrată de Figura 1.

Aplicațiile *GenericProducer* și *GenericConsumer* sunt, în acest moment, în stadiul de prototip. Cu toate acestea, ne-a interesat gradul de satisfacție al utilizatorilor chestionați, ținând cont că majoritatea au experiență extinsă cu aplicații de dispozitive mobile, inclusiv cu aplicații de RA. Itemul 10 din chestionar este „Mi-a făcut plăcere să utilizez aplicația.” Răspunsurile se încadrează, în mare parte, în acord cu aceasta afirmație (vezi Figura 2). De asemenea, utilizatorii au apreciat aplicația ca fiind interesantă.

Lizibilitatea informațiilor este apreciată pozitiv de către utilizatori; 96% dintre utilizatori au răspuns 4 și 5 la întrebarea 9 - „Consider că simbolurile și cuvintele afișate au fost ușor lizibile”. Rapiditatea cu care aplicația permite accesul la informațiile recepționate este, de asemenea, apreciată de către utilizatorii chestionați. Astfel, 93% dintre utilizatori au răspuns 4 sau 5 (deci acord) la întrebarea 13, „Utilizând aplicația, am acces rapid la informația recepționată”.

În urma testelor realizate am identificat câteva direcții de implementare viitoare pentru valorificarea modulelor dezvoltate în cadrul acestei etape sub formă de producători și consumatori.

De exemplu, pentru afișarea informației transmise de către producători, am avut în vedere în primul rând vizibilitatea conținutului în diverse condiții de mediu, precum și evitarea afectării atenției participanților la trafic în general, respectiv a conducătorului auto, în particular.

Diverse soluții tehnice au fost considerate, începând cu căști de realitate augmentată (Figura 3a), miniproiectoare (Figurile 3b, 3c) telefoane/tablete și dispozitive de afișare tip HUD (Figurile 3d, 3e, 3f), atât pe timp de zi (Figurile 3d, 3f) cât și pe timp de noapte (Figurile 3g, 3h). Aceste soluții și tehnologii vor fi considerate în etapele următoare de implementare ale proiectului.

Considerăm că rezultatele evaluării sunt încurajatoare și explicăm acest fapt prin gradul ridicat de utilizabilitate și acceptabilitate de către utilizatori. Este de menționat, totuși, influența caracteristicilor utilizatorilor chestionați (în mare majoritate bărbați, cu experiență cu aplicații pe dispozitive mobile). Vom studia, în experimente următoare, influențele acestui aspect.

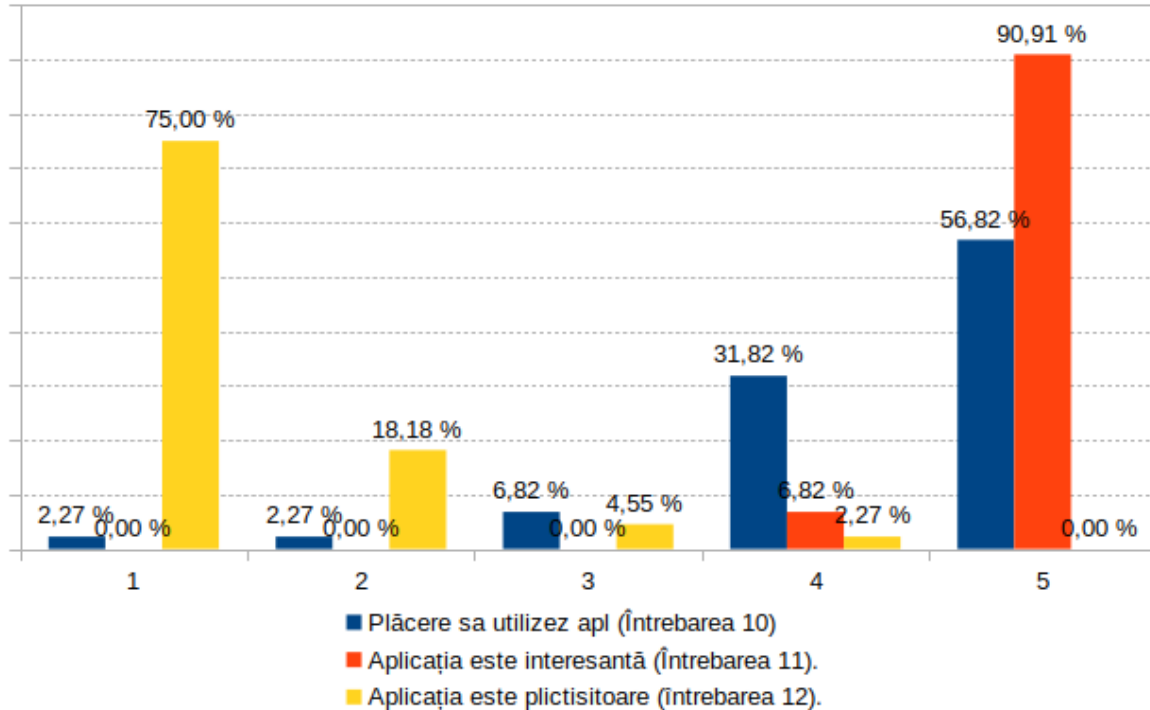


Figura 2. Gradul de satisfacție al utilizatorilor aplicației.

7. Concluzii

Am testat arhitectura *Euphoria* în 165 de configurații distincte pentru fiecare combinație ale variabilelor independente DIMENSIUNE-MESAJ × TIP-DISPOZITIV × COMPLEXITATE-MEDIU. Pentru a evita amenințările de validitate generate de istoric (cache) și de gradul de utilizare al rețelei, am blocat actualizările automate pe toate cele trei dispozitive, astfel încât toate încercările experimentale (trials) să se bazeze pe aceeași configurație software. Mai mult, am randomizat aceste combinații în cadrul a 1,000 de repetiții. Datorită specificului experimentelor care implică entități de tipul sistemelor software și hardware am putut măsura cu precizie succesiunea evenimentelor în timp. Cu toate acestea, deși am dorim să fim cât mai obiectivi, experimentul nostru ar putea fi supus amenințării de selecție a condițiilor variabilei TIP-DISPOZITIV deoarece, în realitate, nu există conceptul de dispozitive generice care să caracterizeze complet un anumit segment de piață. În timpul întregului experiment am păstrat aceeași configurație software și hardware pentru arhitectura *Euphoria* pentru a evita amenințările de tip instrumentație. În plus, a fost ales un număr relativ mare de repetiții pentru a compensa unele influențe imprevizibile. Pentru a întări validitatea externă a experimentului

nostru, am prezentat toate informațiile necesare pentru o bună replicare, inclusiv software-ul care stă la baza arhitecturii noastre.

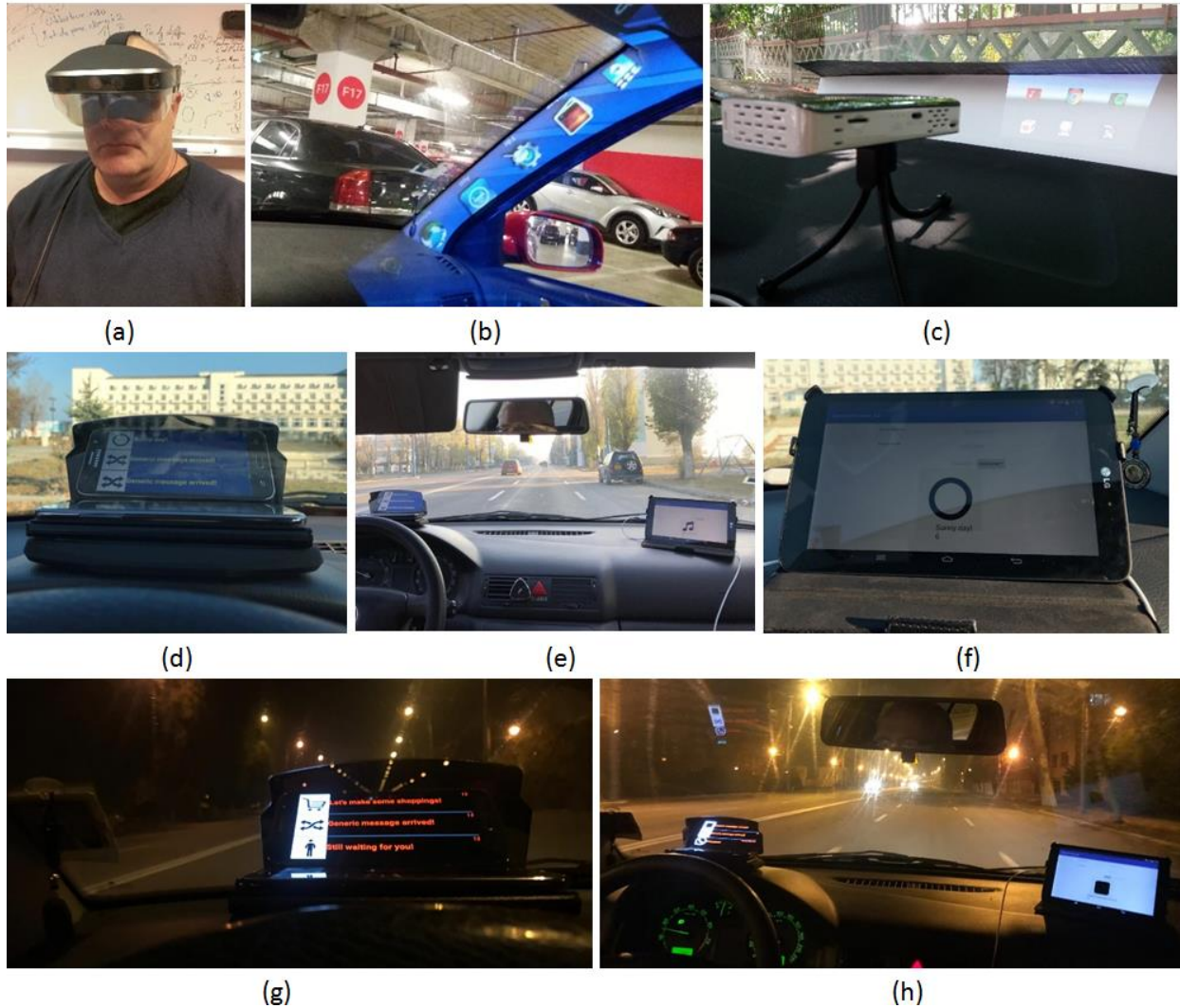


Figura 3. Explorarea de diverse configurații pentru vizualizarea datelor în interiorul vehiculului.