

**Deanship of Graduate Studies
AL-Quds University**



**Developing and Implementing of Augmented Reality
Internet Laboratory**

Shatha Sael Ahmad Abu Shanab

M.Sc. Master

Jerusalem – Palestine

1431-2010

**Developing and Implementing of Augmented Reality
Internet Laboratory**

**Prepared By:
Shatha Sael Ahmad Abu Shanab**

**B.Sc. AnNajah National University / Palestine
Supervisor: Dr. Salaheddin Odeh**

**A thesis submitted in partial fulfillment of requirement for
the degree of master of computer and electronic
engineering - Faculty of Engineering - Graduate Studies
Al-Quds University**

1431-2010

**Al-Quds University
Deanship of Graduate Studies
Electronic and Computer Engineering Master Program**



Thesis Approval

Developing and Implementing of Augmented Reality Internet Laboratory

**Prepared by: Shatha Sael Ahmad Abu Shanab
Registration No: 20320068**

Supervisor: Dr. Salaheddin Odeh

Master thesis submitted and accepted, date: 30-6-2010

The names and signatures of the examining committee members as follows:

1. Head of committee: Dr. Salaheddin Odeh

Signature

2. Internal examiner: Dr. Abdel-Karim Ayyad

Signature

3. External examiner: Dr. Radwan Tahboub

Signature

Jerusalem-Palestine

1431-2010

Dedication

*To my parents, to my family: Rami, Mira, Mohammad, and Yahya Hodrob, to my sisters, and my brothers.
They taught me to always keep looking.*

Shatha Sael Ahmad Abu Shanab

Declaration:

I certify that this thesis submitted for the degree of Master, is the result of my own research, except where otherwise acknowledged, and that this study (or any part of the same) has not been submitted for a higher degree to any other university or institution.

Signed: 

Shatha Sael Ahmad Abu Shanab

Date: 30-6-2010

Acknowledgements

I have sincere gratitude to my thesis advisor, Dr. Salaheddin Odeh, for his support and fruitful discussions during studying at Al-Quds University. It was a great opportunity for me to conduct the experiments. His ability to solve basic engineering problems and practical knowledge and guided me throughout my research activities.

I am thankful to my parents, Eng. Sael Abu Shanb and Mrs. Salma Abu Shanab and my husband Rami Hodrob for their immeasurable support throughout my life. Without their love, patience and support, I would have never come this far.

Thanks also to all staff members of the Department of Computer and Electronic Engineering / Graduate Studies / Al-Quds University.

Developing and Implementing of Augmented Reality Internet Laboratory

Prepared by: Shatha Abu Shanab

Supervisor: Dr. Salaheddin Odeh

Abstract:

This research is mainly concerned with remote laboratories dedicated for disparate types of scientific and engineering experiments. Our research is aimed at checking and proofing the appropriateness of Augmented Reality to be used in representing client user-interfaces in remote laboratories. The experiment selected here is one of the electrical and electronic engineering. Laboratories present an essential part in engineering education because they provide practical knowledge for students. Unfortunately, laboratories are available for little and limited periods of time for a huge number of students. The number restriction of laboratory experiments refers to costly equipments and instruments required for this type of laboratories. An approach to bypass the mentioned problems is by employing virtual and remote laboratories that assist the students in developing their practical skills, but applying this type of laboratories leads to the fact that students suffer from the weakness of the reality representation of experiment equipments.

In this thesis, we will introduce a novel system that improves performing experimental laboratory through Internet using Augmented Reality technique. Building this system is of great significance, as a prototype is necessary to evaluate carrying out experiments through conventional and ARI laboratories.

To achieve the previously mentioned objective, the applications of AR technologies in other fields will be discussed. Understanding the ideas and the techniques behind such applications might be helpful for contributing of newer ideas to our remote ARI laboratory. Furthermore, in order to categorize our approach in the remote laboratories' landscape, it is significant to be familiar with other kind of remote laboratories as well as the e-learning theory located behind these techniques.

In this thesis, the architecture and the realization of the distributed ARI laboratory play a central for achieving the objectives discussed above; thus, it is significant to realize technical aspects of the implemented system, which combines the augmented reality and internet technologies in order to make the laboratory accessible for students at anytime and from

anywhere. The Augmented Reality Internet Lab (ARI-lab) to be implemented can be accessed from any conventional web browser containing a web-based user-interface, which allows students to set up their experiments. A user-interface based on Augmented Reality contains all required components, virtual and real, needed by the students to manipulate a specific experiment. A video stream of the experiment kit is obtained through a webcam, establishing a basis picture of the AR-based user-interface (AR-UI). The AR-UI, which will be fed with picture data of the physical experiment on the server side, represents one of the major concerns of this thesis. The student interacts with the remote system through the interaction devices mouse, keyboard and monitor. At the begin of an experiment session, she/he has to establish a connection to the remote located AR laboratory, offering a real view of experiment's circuit by adding an overlapping image or text on the delivered webcam picture of kit. Once the connection is established, the student can begin to manipulate the experiment.

After connecting the nodes of the experiment circuit visualized through AR in form of a combined virtual and actual reality, the client program determines what nodes are connected by means of HSL filter and other image processing techniques. Then, the client sends the acquired information to the laboratory server, which validates the correctness of these connections in order to avoid damaging the equipments of the laboratories; after that the laboratory server connects the corresponding switches of the experiment circuit.

Table of Contents

Declaration	i
Acknowledgements	ii
Abstract	iii
Table of contents	v
List of Tables.....	ix
List of Figures	x
List of Appendices	xiii
Publications	xiv
Chapter One: Introduction.....	1
1.1 Problem Statement	1
1.2 Contribution.....	3
1.3 Objectives	3
1.4 Overview of the thesis.....	4
Chapter Two: Augmented reality technology.....	5
2.1 Introduction	5
2.2 Definition of Augmented Reality.....	5
2.3 Milgram’s Reality-Virtual Continuum model	5
2.3.1 Imeersion	6
2.3.2 Augmented Reality against Virtual Reality	6
2.3.3 Computer Vision and Augmented Reality	8
2.4 Basic Components of Augmented Reality System.....	8
2.4.1 Scene Generator.....	9
2.4.2 Tracking System	9

2.4.3 Display Device	9
2.4.4 Power Computer and Software	10
2.5 Applications of Augmented Reality	11
2.5.1 Medical	11
2.5.2 Entertainment	12
2.5.3 Military	12
2.5.4 Design.....	13
2.5.5 Maintenance and Assembly	13
2.5.6 Consumer	14
2.5.7 Education.....	14
Chapter Three: E-learning Assistance in Changing Land of Laboratory	15
3.1 Introduction	15
3.2 New Trends of Education.....	16
3.3 E-learning.....	16
3.3.1 E-Learning versus Online Learning	16
3.3.2 Synchronous versus. Asynchronous Technologies	17
3.3.3 Models of e-Learning.....	18
3.3.4 Benefits of E-Learning	18
3.4 Developing Laboratory	19
3.5 Categories of Laboratory	20
3.5.1 Hands-on laboratory	21
3.5.1.1 Advantages of Hands-on laboratory	21
3.5.1.2 Disadvantages of Hands-On laboratory	22

3.5.2 Virtual Laboratory	22
3.5.2.1 Advantages of Virtual Laboratories	23
3.5.2.2 Disadvantages of Virtual Laboratories.....	24
3.5.3 Remote Laboratories	25
3.5.3.1 Remote laboratory versus Hand-on laboratory and virtual laboratory ...	27
3.5.3.2 Advantages of Remote Laboratories.....	27
3.5.3.3 Disadvantages of Remote Laboratories	28
Chapter Four: Architecture of the Augmented Reality Internet Laboratory System.....	31
4.1 Introduction	31
4.2 Lab Server	32
4.3 User Interface.....	34
4.4 Web Camera	35
4.5 Experimental Kit Development.....	35
4.6 E-Instructor.....	36
Chapter Five: Hardware of the implemented ARI Laboratory.....	37
5.1 Introduction	37
5.2 ARI lab's Kit	38
5.3 Series and Parallel Circuit Experimental Kit	38
5.3.1 Main Circuit.....	39
5.3.2 Auxiliary Circuit.....	44
5.3.3 Parallel Port	46
5.4 Summary	48

Chapter Six: Software Implantation of Augmented Reality Internet laboratory	49
6.1 Introduction	49
6.2 Web-based User Interface.....	49
6.2.1 Home Page.....	50
6.2.2 Login Page.....	50
6.3 APIs of the Implemented ARI Laboratory	53
6.3.1 Setting-up an Experiment.....	54
6.3.2 Virtually Wiring the Real Circuit	60
6.3.3 Saving Results	68
6.4 Summary	69
Chapter Seven: Comparative Evaluation of the Augmented Reality Internet Laboratory .	70
7.1 Introduction	70
7.2 Methodology.....	70
7.3 Discussion of the Results	71
7.4 Summary.....	80
Chapter Eight: Conclusion and Recommendations for Future Works.....	81
8.1 Conclusion	81
8.2 Recommendations for Future Works	83
References	84
Appendix:	88
Arabic Abstract.....	100
Publications	102

List of Tables

Table 6.1: The configuration table is saved on server	47
Table 7.1: Survey results on hand-on, virtual, and ARI laboratories	71
Table 7.2: The experimental time needed in the three different laboratories	75
Table 7.3: Results of the survey of five general questions regarding the usage of the ARI laboratory	75

List of Figures

Figure 2.1: The Virtual-Reality Continuum	6
Figure 2.2: A different VRC representation	8
Figure 2.3: Image Guided Surgery	11
Figure 2.4: Ultrasound Imaging	12
Figure 2.5: Weather Maps	12
Figure 2.6: Cockpits of Military	13
Figure 2.7: Using of AR in aircraft manufacturing	14
Figure 3.1: The realism of Hand-on, Remote and virtual laboratory	20
Figure 3.2: Electronic laboratory in an engineering faculty	22
Figure 3.3: The upper picture is a virtual representation of the lower picture	25
Figure 3.4: Basic architecture of a remote laboratory	26
Figure 3.5: The experiments at client's side as a graphic representation	29
Figure 3.6: Actual experiments on the real laboratory side	30
Figure 4.1: Architecture of the distributed ARI lab system	32
Figure 5.1: General design of ARI lab's Kit in forms of a switching matrix	38
Figure 5.2: The implemented hardware of series and parallel circuit experiment	39
Figure 5.3: The top view and underside of main circuit	40
Figure 5.4: The implemented main circuit	41
Figure 5.5: A relay with double throw switches	42
Figure 5.6: The series circuit	42
Figure 5.7: The equivalent series circuit of the circuit shown in Fig. (6.6) by using a switch	43

Figure 5.8: The parallel circuit	43
Figure 5.9: The equivalent parallel circuit of the circuit shown in Fig. (6.8) by using a switch	43
Figure 5.10: Auxiliary circuit	44
Figure 5.11: The implemented auxiliary circuit	45
Figure 5.12: Pin configuration of the parallel port of the PC	46
Figure 6.1: Home page of the remote ARI laboratory system	50
Figure 6.2: ARI lab's access process in forms of block diagrams	51
Figure 6.3: The Login page of the ARI system	51
Figure 5.4: a web page listing various experiments	52
Figure 6.5: The start web page of a specific experiment	53
Figure 6.6: Video stream of the experiment displayed on the client GUI	54
Figure 6.7: Both terminals of resistor with red LEDS	56
Figure 6.8 : The flow chart of HSL color filter	57
Figure 6.9: Input (left) and output (right) image of the HSL filter	58
Figure 6.10: The result of transforming the output image of the HSL filter to a matrix of pure symbolic data of the values 1 and 0	59
Figure(6.11): A section of node matrix that contain the node's numbers of some components on a kit	60
Figure 6.12: A virtually wired real circuit in the remote ARI laboratory leading to augmented reality based visualization	62
Figure 6.13: The results of ARI laboratory's experiment that the student can show through the transmitted live video of the kit and its instruments for his computer's screen	64

تطوير و بناء في مختبرات الهندسة عن بعد على شبكة الإنترنت باستخدام تقنية الحقيقة المعززة "Augmented Reality"

إعداد: شذى صائل ابوشنب

إشراف: د. صلاح الدين عودة

ملخص

هذا البحث يهتم بشكل عام بمختبرات تدريس التجارب الهندسية والعلمية التي يتم التحكم بها عن بعد عبر الإنترنت ، ويهدف بشكل خاص إلى دراسة وتجريب ملائمة الحقيقة المعززة (Augmented Reality) لتسخيرها في جعل تلك المختبرات أكثر ملائمة للطلاب تعليميا ، مع تسهيل استخدامها والتحكم بها عن بعد من خلال واجهة الاستخدام . تعتبر المختبرات جزءا أساسيا في التعليم الهندسي والعلمي ، لأنها توفر المعرفة العملية للطلاب . للأسف ، حتى الآن فإن المختبرات التقليدية والتي يجب على الطلاب التواجد فيها جسديا والتفاعل معها متوفرة لفترات قليلة ومحدودة غير قادرة لتغطية عدد كبير من الطلاب . التقييد بعدد من التجارب المختبرة تحتاج إلى معدات مكلفة كأجهزة القياس الإلكترونية بالإضافة إلى تكلفة الأدوات المطلوبة لهذا النوع من المختبرات . هناك طريقة لتجاوز المشاكل المذكورة آنفاً من خلال استخدام نظام المختبرات عن بعد ، مع تمثيل وعرض أجهزة المختبرات وأدواتها عن طريق الرسومات في الحاسب ، والتي ستؤدي الى عرض المعلومات بشكل افتراضي . العرض الافتراضي لا شك بأنه سيساعد الطلبة في تطوير مهاراتهم العملية ، إلا أنه معلوم بأن هذا الطريقة ستشكل عائقا أمام تصور الطلبة الصحيح لأجهزة وأدوات المختبر الحقيقية ، وستؤدي إلى معاناة الطلاب في تمثيلهم للواقع لعدم استخدام المعدات الحقيقية للتجربة بشكل واقعي .

في هذه الأطروحة ، سنقوم بتقديم نظام مقترح الهدف منه تحسين المختبرات عن بعد عبر شبكة الانترنت باستخدام تقنية الحقيقة المعززة "Augmented Reality" . نظرا لاعتباره نموذجا أوليا كان لا بد من تقييمه من خلال إجراء تجارب في المختبرات التقليدية و مختبر الحقيقة المعززة.

لتحقيق الهدف المذكور سابقا ، كان من الضروري مناقشة تطبيقات تكنولوجيات AR في المجالات الأخرى و فهم الأفكار والتقنيات المستخدمة في مثل هذه التطبيقات التي ساهمت في استحداثنا أفكار

للتحكم بمختبر الحقيقة المُعززة . وعلاوة على ذلك ، من أجل تصنيف بحثنا من نظام المختبرات عن بعد ، من المهم أن نكون على دراية بالنوع الآخر من نظام المختبرات عن بعد ، وكذلك نظرية التعلم الإلكتروني التي تقع خلف هذه التقنيات.

في هذه الأطروحة ، كان لأسلوب بناء و إنجاز مختبر الحقيقة المُعززة الدور الرئيسي في تحقيق الأهداف التي نوقشت أعلاه ، وكان لتطبيق هذا النظام أن يعكس بعض جوانبه التقنية. عرض التجربة في هذا النظام يستند على صور فيديو حقيقة مكسوة بعناصر افتراضية تعزز الشفافية للتجربة وكذلك تجسر هوة التصور التي تنشأ لدى الطلاب عند تفاعلهم مع أنظمة افتراضية بحتة . النظام المحقق يمكن الوصول إليه من أي متصفح ويب تقليدي يحتوي على واجهة مستخدم خاصة بشبكة الانترنت ، مما يتيح للطلاب إعداد التجارب المطلوبة في أي وقت ومن أي مكان . إن واجهة المستخدم لنظام المختبر عن بعد التي قمنا بتطويرها في هذه الرسالة قائمة على أساس مختبر الحقيقة المُعززة وتحتوي على جميع العناصر المطلوبة ، الحقيقية والظاهرية ، التي يحتاجها الطلاب للقيام بتجربة محددة . في هذا النظام تم الحصول على دفق فيديو للتجربة المعنية من خلال كاميرا ويب ، وإنشاء صوره أساسية خاصة بمختبر الحقيقة المُعززة مستندة إلى واجهة المستخدم التي سيتم تغذيتها ببيانات مصورة للتجربة الفعلية على جانب الخادم ، والتي تمثل مصدر اهتمام رسالة الماجستير هذه . الطالب يتفاعل مع النظام عن بعد من خلال استخدام أجهزة الماوس ولوحة المفاتيح وجهاز العرض . في البدء لدورة التجربة ، يقوم الطالب بتأسيس اتصال بمختبر الحقيقة المُعززة المعد عن بعد ، حيث يقوم هذا النظام بتقديم عرض حقيقي لدوائر التجربة مكسوة بصورة جرافيكية أو نص . بمجرد أن يتم إنشاء الاتصال ، يستطيع الطالب أن يبدأ في التعامل مع هذه التجربة و تنفيذها .

بعد ما أن يقوم الطالب بتوصيل نقاط أدوات الدائرة الإلكترونية الممثلة بتقنية الحقيقة المُعززة على شاشة النظام العميل التي تجمع بين الجانب الافتراضي والواقعي المحقق ، فإن البرنامج العميل يحدد العقد المرتبطة مع بعضها باستخدام وسيلة تصفية تستند إلى تقنيات معالجة الصورة الرقمية (HSL filter) . ثم يرسل العميل المعلومات المكتسبة إلى الملقم الخاص بخادم التجربة ، الذي يقوم بدوره التحقق من صحة هذه الوصلات من أجل تجنب إتلاف معدات المختبرات ؛ بعد ذلك يقوم خادم المختبر بربط التبديل المطابق للمفاتيح الخاصة بدائرة التجربة.