

|           |  |
|-----------|--|
| 氏 名 (本籍)  | ALTION SIMO (アルバニア)  |
| 学 位 の 種 類 | 博 士 (工学)   |
| 学位 授与 番号  | 甲第 2 2 6 号   |
| 学位 授与 日付  | 平成 16 年 3 月 25 日   |
| 専 攻       | 電子情報システム工学専攻   |
| 学位 論文 題目  | Virtual Patient in Clinical Medicine Based on Qualitative Simulation<br>(定性推論を用いた臨床訓練用仮想患者の構築) |
| 学位論文審査委員  | (主査) 教 授 山 本 和 彦<br>(副査) 教 授 池 田 尚 志 教 授 速 水 悟<br>教 授 藤 田 廣 志 助教授 木 島 竜 吾                      |

## 論 文 内 容 の 要 旨

This thesis discusses a research project combining virtual reality (VR) technology, with qualitative physiology (QP), in describing the cardiac emergency situations, diagnostics and their treatment through interactive “virtual patients” (VP). The goal of the research project is to develop an application aimed at training medical students. The focus of the developed application was on the treatment of cardiac emergencies.

As a first study of its type, our applied research field encompasses a developed and matured environment in both qualitative physiology for different physiological and patho-physiological knowledge of the human body, and Virtual Reality elements in the role of visualization in Clinical Medicine. Our developed tools integrate deep medical knowledge in an enriched, interactive VR Environment aimed at clinical medicine emergencies, providing a novel approach to knowledge representation methods and training tools.

Virtual Reality has been and is being used successfully in several fields of the Medical Sciences. However, our approach is particularly relevant as an effective training tool in medical education. The aim of this research was not only to investigate the use of VR in this field, but also to develop the above interactive tools that can fully support the difficult and time-consuming process of medical education.

As most of the research involving VR in the medical field is done in the visualization of surgical medicine, we have chosen the application of VR in an alternative field, that of training for the purposes of clinical medicine, specifically, in the area of cardiac emergencies. We were aiming not only to have a good visualization of the patient’s ‘internal’ state but also to develop a tool which uses VR techniques to support the interactivity and the necessary emotional atmosphere related to the nature of the clinical medicine.

Following previous research, an experimental investigation was conducted to identify the use of the

VR techniques for medical training purposes when treating the emergency problems in the field of clinical medicine. After limitations and current problems were identified, a novel framework was proposed based on Virtual Patients driven by Qualitative Simulations Techniques, thus supporting a new generation of training tools based on pathophysiological reasoning and physiological models. The rationale behind this new approach is that the integration of Qualitative Cardiovascular Modeling into a virtual environment will support interactive emergency solving. Given the fact that the Artificial Intelligence (AI) layer can produce solutions that match in time the user's interactions, the integration of the AI techniques with real-time 3D Virtual Environments (VE) can support perfectly the building of training tools. The virtual Emergency Room (ER) room is directly interfaced to the qualitative simulator, but this is far from a trivial solution as in the real medical context such practice might turn into an intractable problem.

Therefore, in order to reach a higher level of integration between the two components (AI and VE) we will have to find a good match in the nature of the trainee interaction model inside a medical related VR environment. Our new approach on this issue is described in details. This solution is based in the Qualitative Processing Theory (QPT) integrated in a real-time 3D graphic environment using the event-based approach, in which the user can generate and receive in real-time reconfigurations of the situations in a highly sensitive environment like the ER. More specifically in this event based approach, user interaction converted in real time, corresponds to a well defined scenario taking place in the Cardiovascular Qualitative Simulator, which on the other hand reconfigures and shapes the occurring events in the VE.

The example of the cardiac shock scenario demonstrates the system behavior. In this context, after initiating the cardiac conditions by manipulating one of the state variables in the cardiovascular qualitative model, an emergency situation develops which asks to be solved (diagnosed and treated) by the trainee in the ER room. The implementation of this approach is described using the proposed example after fully explaining the mechanism beyond it and the finding of a solution (treatment) for this case.

Our research demonstrates that the proposed approach supports the interactive, first person training in the medical field (diagnostics and treatment) using VR techniques. The result of this research may have the potential for major development for shaping the education of medical students. For example, it could be used as a commercial training tool for the graduating students of medical school. It could not only be used for the training simulation of medical students, residents, and health providers, but it also could serve as a start for simulation of advanced distributive learning, while being used as a test bed for research and validation purposes.

## 論文審査結果の要旨

申請論文は、最終的に臨床訓練に役立つことを目指し、救急医療室を計算機内部に構築し、治療に対して様態を変化させる患者をシミュレーションにより生成し、これらを可視化した学習者からの入力を可能とするシステムを構築している。患者の状態のシミュレーションは、生理学の知識を基本とし、そこから病理学的な状態を生成できる定性推論を応用している。また、その結果および救急治療室そのものを可視化するためには、市販のゲームエンジンと呼ばれる仕組みを利用して実装している。具体的には、心ショック状態の救急医療の訓練をとりあげ、仮想患者の内部状態と病状をシミュレーションにより生成している。患者の内部状態が治療により変化し、その結果として呼吸パターン、皮膚の色、各種生活反応などに変化が現れる。学習者は、これらの情報を能動的に取得し、看護師に対して指示を与えたり、治療を行ったりすることが可能である。ゲームエンジンを用いることで、効率的なコンテンツ開発が可能となり、また、上記のようなインタラクションと表現力を得ている。

従来の計算機を援用した教育方法では、提示される情報量が少ないために、判断や治療に関わる情報のみを提示する傾向があったが、これに対して、過剰で豊富な視覚情報のうちから必要な手がかりを発見しなければならないという点で、学習者に現実に近い能動性を要求する点において新規性があるとともに、心ショック以外のケースにおいても同様に実現の容易なシステムの枠組みを示している点で有用性が高いと考えられる。

また、本システムにおいて特に重要な点は、いかに仮想患者の病状をシミュレーションにより求めるかという点である。心ショックという限定された病状であっても、数値シミュレーションや、因果関係を記述し状態遷移を生成するといった既存の手法では、病状生成は困難であることを指摘した上で、一種の定性推論を導入している。実際に、生理学的な知識から出発した定性推論モジュールの実装を行い、時間や治療により変化する多様な患者の症状を生成することができている。

上記内容は、従来見逃されてきた、あるいは実現できなかった、学習者の能動性という点に着目している点で新規性があり、その実現技術としても十分に検討されたシステムを開発している。また、定性推論が病態を生成するために使われた例は少ないだけでなく、その結果を仮想環境を利用して十分な表現力をもって学習者に提示することのできる現実的なシステムの構成を提案している。また、申請論文の内容は、原著論文一編および複数の査読付き国際会議論文として出版されている。以上のことから、最終試験を受けるのに十分足る内容であると判断する。

## 最終試験結果の要旨

最終試験においては、1に述べたように、内容の新規性と有用性が十分に確認された。また、その主張を十分な説得力をもって発表がなされた。さらに、申請論文の内容は、原著論文一編および複数の査読付き国際会議論文として出版されている。以上のことから、学位授与に十分足る内容であると判断する。