

T@HIS: A satellite based telemedicine network for imaging teleconsultations

Ilias Sachpazidis

Elica Callejo

Georgios Saka

Researcher at the Fraunhofer Institute for Computer Graphics (Fhg IGD) in Darmstadt, Germany – Fraunhofer IGD

Thales Alenia Space España, Spain

Honorary Professor Technical University of Darmstadt, Germany
Technical University of Darmstadt

Abstract

T@His is an ESA (European Space Agency) project for the deployment of a telemedical network connecting physicians and hospitals over a new-generation satellite network based on the AmerHis payload on the Hispasat Amazonas satellite. The consortium is formed by Thales Alenia Space España (Spain), Fraunhofer IGD (Germany) and CETA (Center of Excellence in Advanced Technology of Rio Grande do Sul in Brazil). The project objectives are to extend current medical network connecting isolated areas in Amazon over satellite communication. The project involved three remote sites in isolated areas and one site in urban area. In total four satellite terminals have been deployed at Porto Alegre (referral hospital in southern Brazil), Breves, Portel and Gurupá. All three spokes are located in Pará state, in northern Brazil.

Key words: Telemedicine; Teleradiology; Referral and Consultation; Remote Consultation; Satelity.

Resumen

T@His: Una red de telemedicina para la teleconsulta de imágenes vía satélite

T@His es un proyecto de la ESA (Agencia Espacial Europea) para el despliegue de una red de telemedicina con el objetivo de conectar médicos y hospitales a través de una red satelital de nueva generación con base en la carga útil AmerHis, en el satélite Hispasat Amazonas. El consorcio está formado por Thales Alenia Space España (España), Fraunhofer IGD (Alemania) y CETA (Centro de Excelencia en Tecnologías Avanzadas de Rio Grande do Sul, en Brasil). El objetivo del proyecto es ampliar la red médica actual conectando áreas aisladas en la región amazónica mediante un satélite de comunicaciones. El proyecto abarcó tres sitios remotos en áreas aisladas y un sitio en un área urbana. En total, se desplegaron cuatro terminales satelitales en Porto Alegre (un hospital de referencia en el sur de Brasil), Breves, Portel y Gurupá. Las tres últimas localidades se encuentran en el estado de Pará, en el norte de Brasil.

Palabras clave: Telemedicina; Consulta Remota; Telerradiología; Remisión y Consulta; Satélite.

Resumo

Uma rede de telemedicina para teleconsultoria de imagens via satélite

T@His é um projeto da ESA (Agência Espacial Européia) para o desenvolvimento de uma rede telemédica conectando especialistas e hospitais com uma nova geração de redes de satélites baseado no AmerHis com carga sobre o satélite Hispasat Amazonas. O consórcio é formado pela Thales Alenia Space España (Espanha), Fraunhofer IGD (Alemanha) e CETA (Centro Excelência em Tecnologias Avanzadas do Rio Grande do Sul, Brasil). O objetivo do projeto é aumentar a rede médica atual conectando as áreas do Amazonas através de uma rede de comunicação por satélite. O projeto envolveu três locais remotos em áreas isoladas e um local na zona urbana. No total, quatro terminais de satélite foram implantados em Porto Alegre (hospital de referência no sul do Brasil), Breves, Portel e Gurupá. Os três estão localizados no Estado do Pará, no norte do Brasil.

Palavras-chave: Telemedicina; Telerradiologia; Referência e Consulta; Consulta Remota; Satélite.

INTRODUCTION

The dominant type of images transferred over the system is ultrasound images, acquired from portable or stationary ultrasound devices. The medical applications include general examinations as well as obstetric and gynaecology. However the applied platform handles any imaging modality and particularly DICOM formatted data. The medical platform deployed is based on TeleInViVo¹, a research project funded by the European commission. TeleInViVo encompasses a portable ultrasound device and a personal computer and provides various communication links for medical data exchange. Presently the application is enriched with a teleconference tool providing physicians with a real-time face-to-face communication. The software on the mobile computer is capable of acquiring medical ultrasound images from the ultrasound device and storing them in the local medical database.

SYSTEM OVERVIEW

The medical network that was deployed in this project consists of different hardware and software components that together offer the special services needed for a com-

fortable medical collaboration. All collaborative services including video-conferencing and the medical image acquisition and analysis are performed by the TeleConsult² application, as described in the following section. The selected remote regions in Para state have no access to broadband terrestrial communications. Therefore, the connection between the different TeleConsult users is established via the satellite system AmerHis.³ AmerHis is the first regenerative DVB-RCS satellite platform and it was designed as a response to cover the growing demand in multimedia broadband services and the adaptation of real-time services to the satellite world.

AmerHis allows the establishing of a connection between the end-users without transferring data over a centralized hub. This is realized with the help of onboard processing. So the delay of connections can be reduced by the half and real-time applications like Voice over IP are possible. It permits direct meshed communication between four coverage areas (Europe, South America, North America and Brazil), and also broadcast and multicast transmission, for example from one to all beams, thanks to its on-board packet replication capacity.

AmerHis DVB-RCS user terminals can transmit up to 4 Mbps and receive up to 8 Mbps allowing the deployment

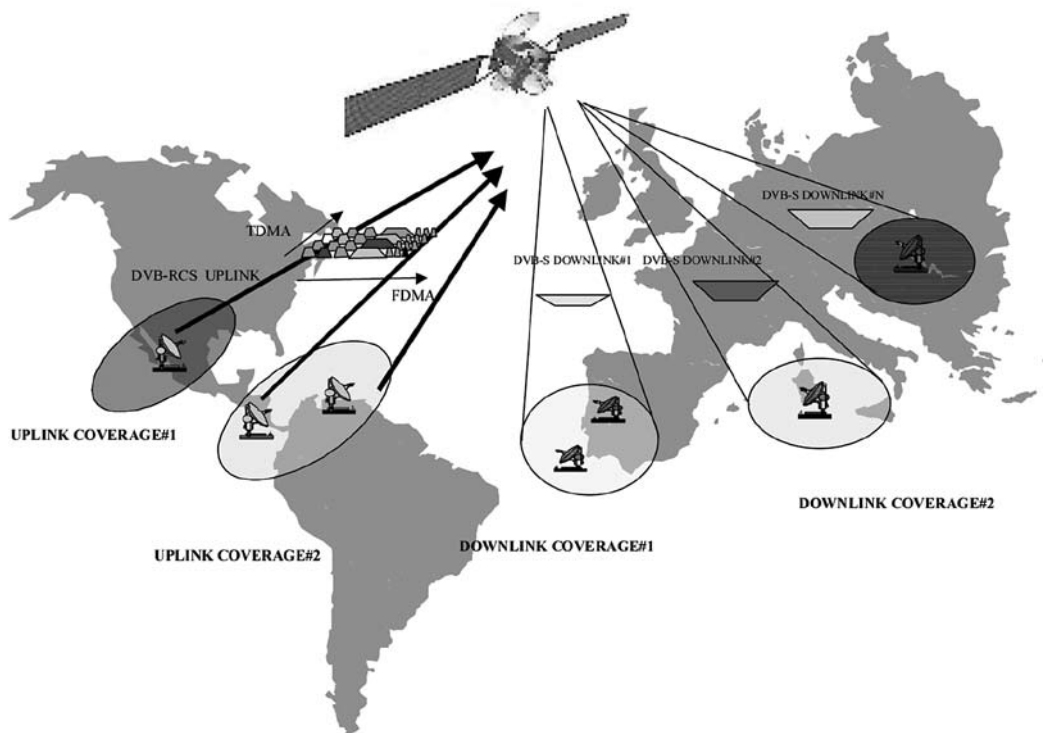


Figure 1 - AmerHis Full Multi-beam Cross Connectivity.

of any IP application (for example Internet/Intranet Access and Virtual Private Networks between terminals) and is interoperable with the terrestrial networks.

The architecture of the system is based on different dynamic QoS classes to differentiate the traffic and to be able to offer different SLAs to customers.

The AmerHis system integrates a Broadcasting Multi-Media network with an Interaction network by combining two standards, the DVB-S and DVB-RCS, into one unique regenerative and multi-spot satellite system. In this manner, the users calling for broadband and interactive services are able to utilise standard stations (RCSTs) at both transmitting and receiving sides. In this system, the DVB-RCS return channel standard is applied by all users to access through a standard uplink to the satellite. On board, the regenerative payload (OBP) is in charge of multiplexing that information from diverse sources into one or more DVB-S data streams capable of being received by any standard IRD equipment. The on board repeater is not only capable of multiplexing signals coming from the same uplink, but also cross-connecting and/or broadcasting channels coming from separate uplink coverage areas to different downlink coverage areas.

AmerHis does not only provide a geographical extension to the medical health care system, but also offers tools for comfortable medical collaboration and the possibility of sending/receiving information from/to Internet.⁴⁻⁷ For this purpose, the following services were provided:

- Data Exchange
- Shared view
- Annotation Exchange
- Chat
- Voice Tools
- Video Conferencing
- Multimedia Messages

SYSTEM ARCHITECTURE

The medical network consists of two main modules, the TeleConsult Platform and the Satellite Platform. Both modules are connected to each other through a communication network.

Teleconsult Platform

The TeleConsult system is divided into the acquisition modules and the teleconsult software (2D and 3D imaging

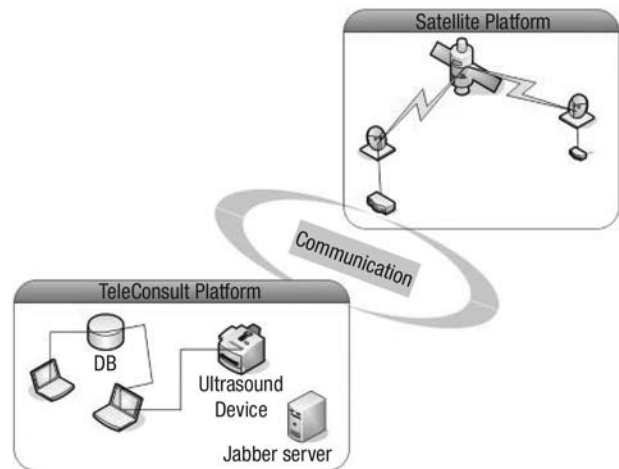


Figure 2 - System Modules.

viewer) and jabber communication module.^{7,8} The acquisition module used for acquiring the medical images from the ultrasound device. The ultrasound devices are equipped with an analogue video output. The ultrasound's video output is connected to our software acquisition module through a video grabber, as illustrated in the Figure 3.

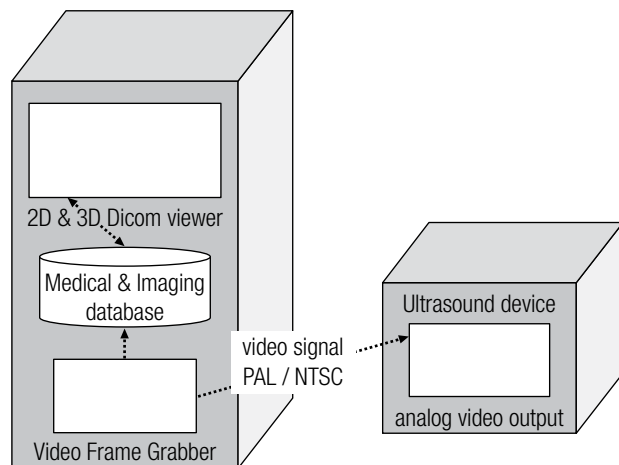


Figure 3 - Acquisition modules over video frame grabber.

TeleConsult software: every physician at the different locations uses the software TeleConsult for loading, processing and analyzing image data and for exchanging data and annotations with other physicians. TeleConsult delivers an implementation based on the DICOM protocol for sending medical image data. Different services for communication are provided by this software to facilitate the medical collaboration. Furthermore the software provides an interface for transferring image data from a stationary

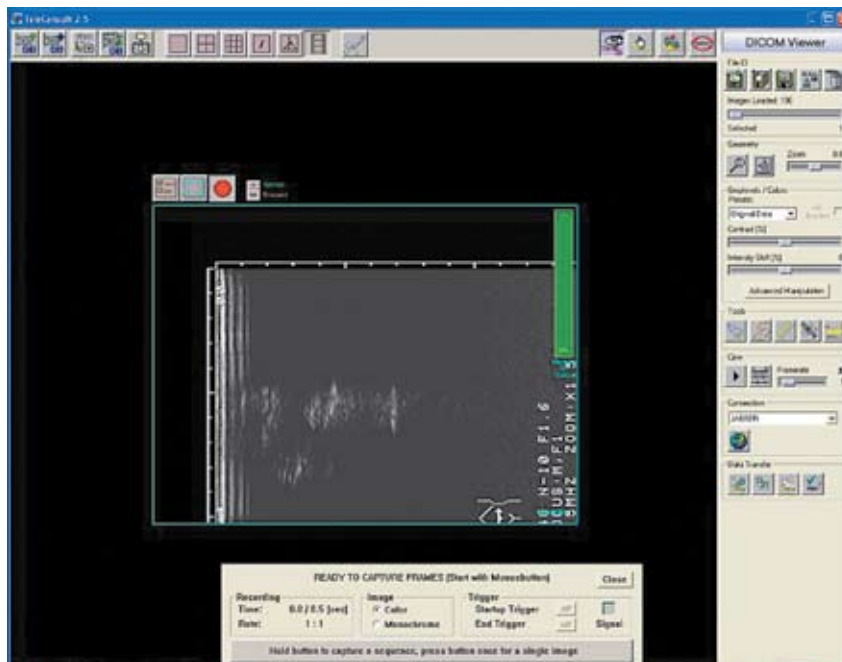


Figure 4 - GUI of acquisition modules.

ultrasound device to the software. The medical application has been deployed to four clinics. Furthermore, a Jabber server needed for the communication and exchange of medical data has been installed.

Satellite Platform

AmerHis system can be divided into the space segment and the ground segment. The ground segment consists of three different components:

- The management system to configure and manage the network.
- Gateway interfaces to terrestrial services
- The user terminals to access the system

The overall satellite system architecture is depicted in Figure 6. It consists of 4 nodes, interconnected through satellite communication (DVB-RCS over AmerHis). The central / referral hospital is located at Santa Casa Hospital in Porto Alegre. The rest three installations are placed at Breves, Portel and Gurupá

The Santa Casa Hospital in Porto Alegre provides an Internet gateway for the nodes behind the satellite network. A network infrastructure is already available in the hospital with 100Mbps.

SERVICE MODEL

The description of the service provided can be summed up as the following:

- Four sites interconnected.
- One of the sites is considered as reference hospital for 1st and 2nd opinion diagnosis.
- The access to the remote hospitals is not easy and requires a non-negligible transport time (from hours to days).

The solution proposal for T@His network is offering full cross connectivity between the sites and Internet connection through the reference hospital. This network is based on:

- DVB-RCS standard terminals.
- Connectivity provided through the AmerHis payload boarded in the Amazonas satellite.

To provide a sustainable model the solution proposed has to be more cost-effective than the existing situation where the doctors have to travel. The new service model replaces only partially the travel of doctors from the reference hospital to the remote hospital. It is not intended to replace it completely as the contact doctor-patient has to be kept.

The goal is to reduce 50% of travels by using the Tele-Consult application by having two days per month com-

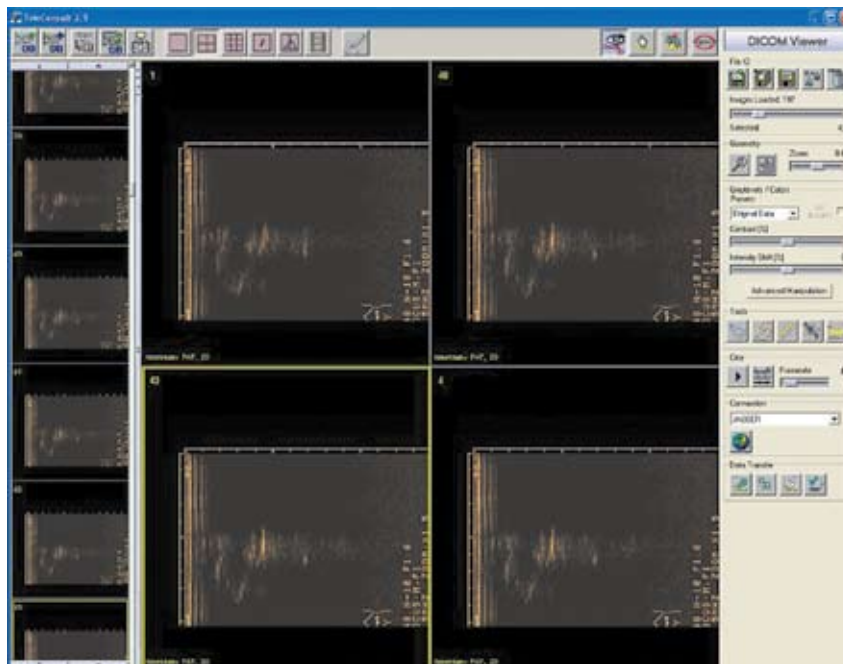


Figure 5 - Ultrasound imaging viewer.

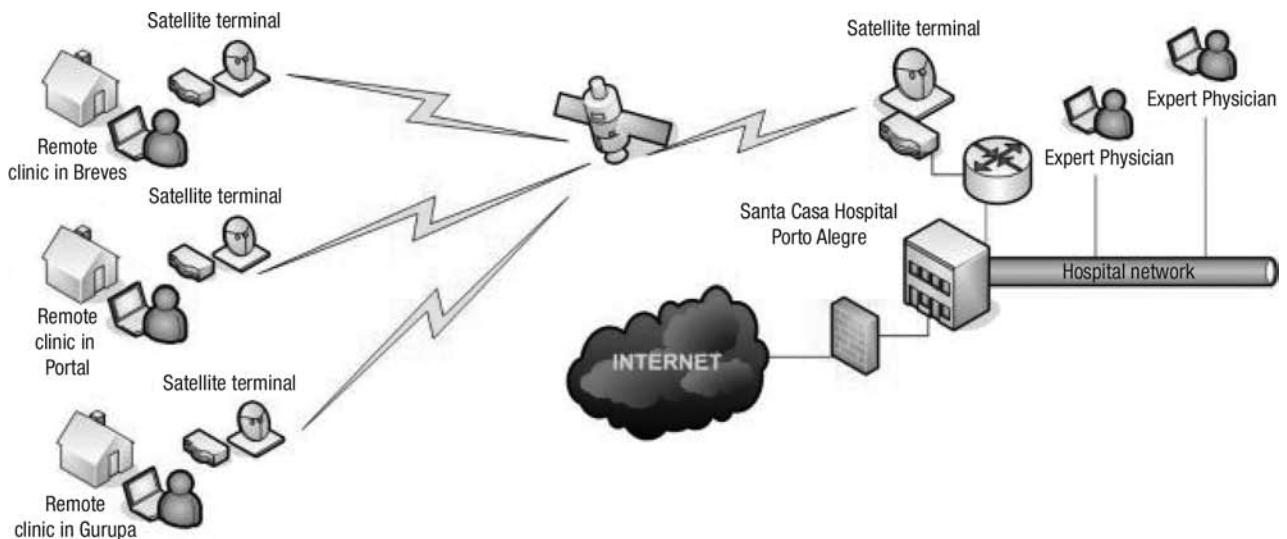


Figure 6 - Overall System Architecture.

pletely dedicated to the remote hospital. This model keeps the same service level but with another advantage. The two days don't have to be used by the same specialists as it happens when the doctor travels. These two days can be managed differently depending on the patients' needs.

During the T@His project it has been shown that the evolution of the existing medical networks towards a model where the satellite replaces partially the remote assistance of hospitals provides benefits in terms of economical and social value.

The high cost of the bandwidth is here justified by the high costs of transport to attend patients in areas which are far from the reference hospital of the area. The higher number of remote sites with the service the more value is obtained by the institution in charge of providing the service. After a successful pilot our advice is to upgrade the network up to ten sites and then get some feedback of the quality of the service. If this is ok the upgrade can then be done to fifteen and then to twenty.

T@His offers a health telematics platform for cooperative work and transfer of medical data via satellite (DVB-



RCS) communication channels. The technology allows the transmission and analysis of 2-dimensional as well as video conference functionality between physicians. The interactive videoconferencing over T@His used for teleconsultations, allows telepresence of a distant physician or of other healthcare professionals. What is more, an accompanying exchange of documents overcomes and solves the manifold problems of media discontinuities in medicine. By this, T@His improves the exchange of medical reports, second opinions and treatment options within the physician-to-physician communication. The platform is created to be used in the field of the ultrasound examinations.

However, it can be also adapted to the specifics of all other segments of the medical imaging market that is the long term objective of T@HIS consortium.

T@HIS platform offers different applications:

- Second Opinion: for online or offline collaboration concerning suspicious patient cases.
- Remote Reporting: for sending of imaging reports, that can be reviewed by remote physicians either in real time or later, using the system's store-and-forward capabilities.
- Interdisciplinary Communication: for virtual meetings among doctors from various specializations.

All this applications together present a complete telemedicine solution. The T@His applications are established in internationally interoperable form, so the transferred information can cross any national border as easily as any distance. Through this T@His provides many starting points for supporting treating doctors in making difficult decisions and for enhancing their specialist knowledge.

DEPLOYMENT AND FIELD TESTS

The scope of this phase was to perform the system deployment in Brazil. The system evaluation concentrated on the evaluation of key characteristics of the T@HIS system regarding its functionality, reliability, usability during its evaluation in test cases in the pilot performed among the cities of Breves, Gurupa, Portel and Porto Alegre. Evaluation included software and hardware evaluation, and independent evaluation activities to ensure the functional completeness of the configuration items against their requirements and the physical completeness of the configuration items.

The deployment started with the installation to the Santa Casa Hospital. Satellite terminals and antennas were in-

stalled. In addition, the terminals were connected to the existing hospital network and provided a gateway to receive and transmit data to and from the Internet.

Furthermore, TeleConsult including NetMeeting application was delivered to the hospital. The software was installed on computer where the expert doctor is providing the medical services. Web video cameras and headset were delivered to the doctor. In the case, where computer was not available a PC was provided by IGD for the operation of the teleconsultations.

Accomplishing the installations and configuration in Porto Alegre we continued with the deployment in Breves hospital. The deployment included the installation and configuration of the necessary hardware and software. TeleConsult application was installed on the hospital PC and the PC was connected to the ultrasound device.

The field tests included medical teleconsultation and particularly transmission and reception of medical data. Different services for synchronous and asynchronous collaboration were tested. During field tests all collaborative services, already tested in lab tests, were tested again.

It should be mentioned that the pilot participants were given training sessions of the TeleConsult application including the basic operational functionalities of the software. CETA with the help of Santa Casa Hospital performed the training sessions. CETA visited the remote sites frequently for training and IT assistance.

During execution of the pilot projects, physicians involved completed the response forms in order to record feedback and evaluation in a number of attributes and quality characteristics of the system. This is considered useful in order to measure the progress made from the pilot phase and also to find out where the system is weak and needs more attention.

However, the twenty (20) teleconsultations on ultrasound examinations performed between Santa Casa hospital in Porto Alegre and Breves hospital in Para states were recorded in a single day, assisted by a technician from CETA, due to the physician lack of time. Although the pilot involved 3 rural areas in Amazon only one site was able to use the system.

The outcomes of the evaluations reports of the (20) teleconsultations shown that the physicians performed six (6) *online* teleconsultations and fourteen (14) *offline* teleconsultations (see figure below). All the examinations based on 2D ultrasound imaging. 3D ultrasound acquisition was impossible by that time due to the fact that the remote hospital had no 3D ultrasound device.

Table 1

Hospital	Number of teleconsultations	Comments
Breves	20	Many delays in the usage of the system. Due to frequent change of medical staff
Portel	0	No medical staff available
Gurupa	0	Defect satellite terminal. The terminal was not replaced on time as the Brazilian beam of Amazonas satellite was shutdown

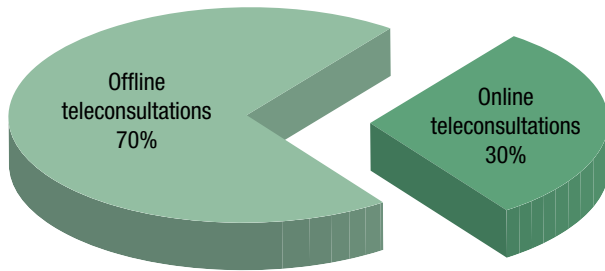


Figure 7 - Online vs. offline teleconsultations.

In table below (Table 2) the types and the number of medical examinations is depicted. The average medical data transferred from one site to the referral hospital was about 102.54 KB per teleconsultations.

Table 2

Type of examinations	Number of teleconsultations
Abdominal	3
Obstetric	9
Urological	4
Gynaecological	4

Table 3

Type of ultrasound imaging	Number of teleconsultations
2D – Two dimensional	20
3D – Three dimensional	0

The physicians exchanged only a few ultrasound frames, where the diagnosis was unclear. The average time of the teleconsultations were about ten minutes, according to the expert physician. Figure 8 illustrates the percentage of each type of ultrasound examinations performed.

The results above presented demonstrate the benefits an application of T@His system. However, the utilization of

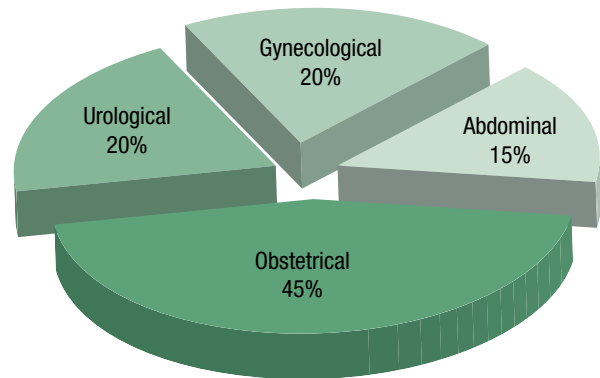


Figure 8 - Type of ultrasound examinations performed by the remote physician.

the system has been quite scarce for the following reasons (recommendations addressed in Lessons Learnt section):

- The medical staff that received training had only little or even any knowledge about how to use a computer;
- The medical staff that received training didn't have any knowledge or practice about the ultrasound equipment;
- During the practical training the physicians were conducted to operate the TeleConsult system, but didn't want to operate this equipment;
- Medical staff rotation is high, and the trained ones remained few time in the location where they received trained. Lack of interest between the physicians with permanent positions;
- Scarce time to attend each patient;
- Constraints regarding replacement of equipments.

CONCLUSIONS

For future network upgrades or new telemedicine projects, we recommend taking into account the lessons learnt during T@His. The three sites in Para are really remote and were a big challenge both in terms of training the local users (physicians and/or computer technicians) to operate the system and specially in motivating physicians to use the system. The physicians' situation is really different from Europe and need to be taken into account, for example the frenetic rythm, a patient each five minutes, that gives the physicians no time (and motivation) to use the system in real time. Physicians are a very rare resource in those locations and when one is available at one of those centers, they have to take care of several cases. T@HIS project team, every time a new physician was coming to remote places, provided a technical system demonstration how the physi-

cian can use the request second opinion from an expert physician. However, the physicians were not in the position to use the system due to their workload at the hospital seeing patients.

Although the physicians knew the benefits of the operating the offered system, they were not able to use it due to time limitations.

The conclusion is that when a telemedicine is in place the whole system infrastructure and physicians examination workflow must be adapted and also officially supported by health care system.

The technical skills in some remote areas are scarce, so the system need to be as much as possible a “plug-and-play” and “fool-proof” one, including the maximum level of detail in user manuals and FAQs. The deployed telemedicine system is easy to use as it has been demonstrated to the physicians. However, the physicians had to spent sometime with the application and learn how to use it and also explore new functionalities. It seems that physician never invest the proper time for learning the medical application and understood the basic functionalities and operations offered.

It is key to establish a strong link between physicians in the remote sites and the ones from the larger hospital providing second opinion and teleconsultation remotely. It would be even better if there is already some previous joint work or collaboration between the involved hospitals, since it has a major impact on the effective system utilization. Regarding future telemedicine boosts, it is very important to involve the main hospital in the selection process of sites where the teleconsultation would take place. It is also necessary to contact physicians with a permanent position at an hospital and to get from them the commitment to use the system before performing an installation at one site.

This remote locations present difficulties to communicate between even by phone, so teleconsultation need to be carefully arranged in advance and a strong commitment between parts to attend the planned events is necessary.⁹

T@His project has also found constraints regarding replacement of equipments. People involved in the project has been trained to install, configure and use the application, but the experience has taught the project team the need to extend this training also for HW, as well as the need to have accesible spares of every equipment in the project, specially in the locations that are more remote.

An interviewed physician gave T@His team the following feedback, they are really interested in the videoconferencing system, as to exchange opinions in real time. Doctor’s interest in formation is also shown; they are not able to attend

congresses or presentations, while they could participate and learn from them by including some popular congress site to the telemedicine network, integrating both telemedicine, with physicians countinuous need for diagnostic and therapeutic needs.

T@His team have gained important experience as the problems we faced are challenges that need to be deal with every time we want to run a teleconsult system on remote and underdeveloped areas. These leassons learned need to be taken into account for future/starting projects (for instance MedNet in the frame of FP7).

Summarizing, It has been shown that one of the most crucial issues to ensure the project success is studying deeply the region needs, involving doctors from the beginning to the end of the project. Furthermore, to guarantee the sustainability of the system, it is essential not only the appropriate installation of the system, but also the system maintenance.

ACKNOWLEDGMENTS

T@HIS project has partially been funded by European Space Agency (ESTEC/ESA).

REFERENCES

1. TeleInVivo. [homepage on the Internet].[Cited 2008 Dec 22]. Available from: <http://www.igd.fhg.de/teleinvivo>.
2. Binotto APD, Sachpazidis I, Torres MS, Sakas G, Rohl R, Polanczyk CA, Pereira CE. T@lemed: a telehealth case study project based on ultrasound images. In: V Workshop de Informática Médica, Porto Alegre, Brazil, 6th June 2005. Porto Alegre: Seta; 2005.
3. AmerHis System. [homepage on the Internet],[Cited 2008 Dec 22]. Available from: <http://www.hispasat.com/Detail.aspx?sectionsId=20&lang=en>
4. Sachpazidis I, Kiefer S, Selby P, Ohl R, Sakas G. A medical network for teleconsultations in Brazil and Colombia. In: Proceedings of the Second IASTED International Conference on Telehealth. Anaheim, Calgary. Zurich: IASTED/ACTA Press; 2006. p.16-21.
5. Sachpazidis I, Selby P, Binotto APD, Sakas G, Pereira CE. Enhanced Medical Services in Amazon over AmerHis Satellite. In: European Symposium on Biomedical Engineering, 2006. Patras: ESBME; 2006. p. 4.
6. Sachpazidis I, Ohl R, Polanczyk A, Torres MS, Messina LA, Sales A, Sakas G. Applying telemedicine to remote and rural underserved regions in Brazil using Medical Consulting tool.

- In: Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology; 27th Annual Conference Shanghai, China September 1-4, 2005.
7. Kiefer S, Sachpazidis I. Telemedicine for rural and remote regions, optimizing health care resources by telehealth platforms, an example from Latin-America. In: Vortragsanlässlich der International Conference on Advanced Information and Telemedicine Technologies for Health AITTH 2005 in Minsk (Weißrussland) 8.-10.11. Minsk: IBMT; 2005.
 8. Sachpazidis I, Hohfeld O, Ohl R. Implementation of a jabber-based medical tele-consulting application. In: Fifth International Network Conference Doryssa Bay Resort, 5-7 July 2005 on Samos Island, Greece. Greece; 2005.
 9. Chao LW, Silveira PS, Böhm GM. Telemedicine and education in Brazil. J Telemed Telecare. 1999; 5(2):137-8.

T@His: Una red de telemedicina para la teleconsulta de imágenes vía satélite



Ilias Sachpazidis

Elica Callejo

Georgios Saka

Investigador en el Fraunhofer Institute for Computer Graphics (FhG IGD) in Darmstadt
Fraunhofer IGD, Alemania

Thales Alenia Space, España

Professor Honorario de la Universidad Técnica de Darmstadt
Technical University of Darmstadt, Alemania

Resumen

T@His es un proyecto de la ESA (Agencia Espacial Europea) para el despliegue de una red de telemedicina con el objetivo de conectar médicos y hospitales a través de una red satelital de nueva generación con base en la carga útil AmerHis, en el satélite Hispasat Amazonas. El consorcio está formado por Thales Alenia Space España (España), Fraunhofer IGD (Alemania) y CETA (Centro de Excelencia en Tecnologías Avanzadas de Rio Grande do Sul, en Brasil). El objetivo del proyecto es ampliar la red médica actual conectando áreas aisladas en la región amazónica mediante un satélite de comunicaciones. El proyecto abarcó tres sitios remotos en áreas aisladas y un sitio en un área urbana. En total, se desplegaron cuatro terminales satelitales en Porto Alegre (un hospital de referencia en el sur de Brasil), Breves, Portel y Gurupá. Las tres últimas localidades se encuentran en el estado de Pará, en el norte de Brasil.

Palabras clave: Telemedicina; Consulta Remota; Telerradiología; Remisión y Consulta; Satélite.

Abstract

A satellite based telemedicine network for imaging teleconsultations

T@His is an ESA (European Space Agency) project for the deployment of a telemedical network connecting physicians and hospitals over a new-generation satellite network based on the AmerHis payload on the Hispasat Amazonas satellite. The consortium is formed by Thales Alenia Space España (Spain), Fraunhofer IGD (Germany) and CETA (Center of Excellence in Advanced Technology of Rio Grande do Sul in Brazil). The project objectives are to extend current medical network connecting isolated areas in Amazon over satellite communication. The project involved three remote sites in isolated areas and one site in urban area. In total four satellite terminals have been deployed at Porto Alegre (referral hospital in southern Brazil), Breves, Portel and Gurupá. All three spokes are located in Pará state, in northern Brazil.

Key words: Telemedicine; Teleradiology; Referral and Consultation; Remote Consultation; Satelity.

Resumo

Uma rede de telemedicina para teleconsulta de imagens via satélite

T@His é um projeto da ESA (Agência Espacial Européia) para o desenvolvimento de uma rede telemédica conectando especialistas e hospitais com uma nova geração de redes de satélites baseado no AmerHis com carga sobre o satélite Hispasat Amazonas. O consórcio é formado pela Thales Alenia Space España (Espanha), Fraunhofer IGD (Alemanha) e CETA (Centro Excelência em Tecnologias Avançadas do Rio Grande do Sul, Brasil). O objetivo do projeto é aumentar a rede médica atual conectando as áreas do Amazonas através de uma rede de comunicação por satélite. O projeto envolveu três locais remotos em áreas isoladas e um local na zona urbana. No total, quatro terminais de satélite foram implantados em Porto Alegre (hospital de referência no sul do Brasil), Breves, Portel e Gurupá. Os três estão localizados no Estado do Pará, no norte do Brasil.

Palavras-chave: Telemedicina; Telerradiologia; Referência e Consulta; Consulta Remota; Satélite.

INTRODUCCIÓN

El principal tipo de imágenes que se transmite a través del sistema son imágenes de ultrasonido, adquiridas a través de dispositivos de ultrasonido portátiles o fijos.

Las aplicaciones médicas incluyen estudios generales, así como también obstétricos y ginecológicos. Sin embargo, la plataforma permite utilizar todo tipo de imágenes, especialmente datos formateados en DICOM.

La plataforma médica desplegada se basa en TeleInVivo¹, un proyecto de investigación fundado por la Comisión Europea. TeleInVivo incluye un dispositivo de ultrasonido portátil y una computadora personal y brinda diversos enlaces de comunicación para el intercambio de información médica. Actualmente, la aplicación se completa con una herramienta de teleconferencia, que brinda a los médicos comunicaciones cara a cara en tiempo real.

El software en la PC portátil puede adquirir imágenes médicas de ultrasonido a partir de dispositivos de ultrasonido y almacenarlas en la base de datos médicos local.

RESUMEN DEL SISTEMA

La red médica desplegada en este proyecto consta de diferentes componentes de hardware y software que, en conjunto, ofrecen los servicios especiales necesarios para lograr una colaboración médica cómoda.

Todos los servicios en colaboración, incluyendo videoconferencias y la adquisición y análisis de imágenes médicas, se realizan mediante la aplicación TeleConsult², como se describe en la sección siguiente.

Las regiones remotas seleccionadas en el estado de Pará no tienen acceso a comunicaciones de transmisión terrestre. Por lo tanto, la conexión entre los diversos usuarios de TeleConsult se realizó a través del sistema satelital AmerHis.³

AmerHis es la primera plataforma satelital DVB-RCS regenerativa y fue diseñada con el objetivo de cubrir la creciente demanda de servicios de banda ancha multimedia y para la adaptación de servicios en tiempo real al mundo satelital.

AmerHis permite establecer una conexión entre los usuarios finales sin transferir datos a través de un concentrador centralizado. Esto se logra con la ayuda del procesamiento a bordo. De esta forma, se pueden reducir las conexiones a la mitad y utilizar aplicaciones en tiempo real, como voz a través de IP (VoIP).

El sistema permite la comunicación a través de redes mallas entre las cuatro áreas de cobertura (Europa, América del Sur, América del Norte y Brasil) y además posibilita la difusión y multidifusión, por ejemplo desde uno a todos los haces, gracias a su capacidad de replicación de paquete a bordo.

Los terminales de usuario AmerHis DVB-RCS pueden transmitir hasta 4 Mbps y recibir hasta 8 Mbps, posibilitando el despliegue de cualquier aplicación IP (como acceso a Internet/intranet y redes privadas virtuales entre terminales) y es interoperable con las redes terrestres.

La arquitectura del sistema se basa en diversas clases QoS dinámicas para diferenciar el tráfico y para poder ofrecer diversos acuerdos de nivel de servicio (SLA) a los clientes.

El sistema AmerHis integra una red de transmisión multimedia con una red de interacción mediante la combinación de dos estándares, DVBS y DVB-RCS, en un exclusivo sistema satelital regenerativo y de múltiples puntos. De esta forma, las solicitudes de los usuarios de servicios de banda ancha e interactivos pueden utilizar estaciones estándar (RCST), tanto en el lado de la transmisión como en el de la recepción.

En este sistema el canal de retorno estándar DVB-RCS se aplica a todos los usuarios para acceder al satélite a través de un enlace ascendente común.

A bordo, la carga regenerativa (OBP) está a cargo de la multiplexación de la información proveniente de diversas fuentes en una o más transmisiones de datos DVB-S, capaces de ser recibidas por cualquier equipo IRD estándar.

La repetidora a bordo no solo es capaz de realizar la multiplexación de señales provenientes del mismo enlace ascendente, sino que también puede realizar interconexiones y/o transmitir canales provenientes de áreas de cobertura de enlaces ascendentes separados hacia áreas de cobertura de enlaces descendentes diferentes.

AmerHis no sólo brinda una mayor extensión geográfica a los sistemas médicos de cuidado de la salud, sino que también ofrece herramientas para permitir una colaboración médica cómoda y la posibilidad de enviar y recibir información desde y hacia Internet.⁴⁻⁷

Para esta finalidad, se suministraron los siguientes servicios:

- Intercambio de información
- Visualización compartida
- Intercambio de anotaciones
- Chat
- Herramientas de voz
- Videoconferencia
- Mensajes multimedia

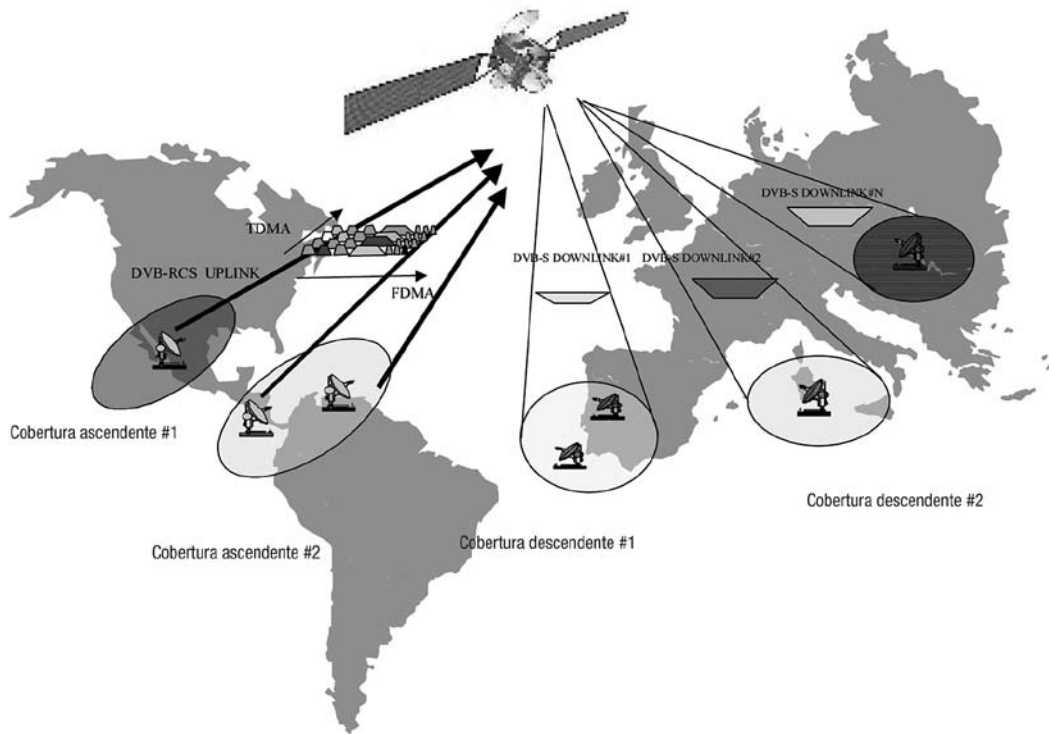


Figura 1 - Conectividad cruzada de haz múltiple total AmerHis.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La red médica consta de dos módulos principales: la plataforma TeleConsult y la plataforma satelital. Ambos módulos están interconectados a través de una red de comunicaciones.

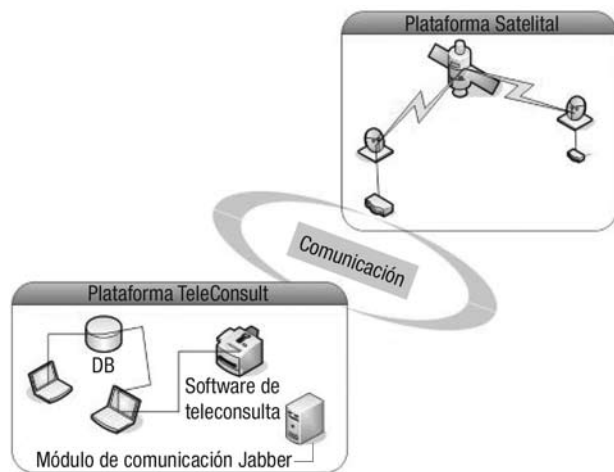


Figura 2 - Módulos del sistema.

Plataforma TeleConsult

El sistema TeleConsult está constituido por los módulos de adquisición, el software de teleconsulta (visualizador de imágenes en 2D y 3D) y el módulo de comunicación Jabber.^{7,8}

El módulo de adquisición se usa para capturar imágenes médicas desde dispositivos de ultrasonido. Los dispositivos de ultrasonido están equipados con salida de video analógica. La salida de video de los dispositivos de ultrasonido se conecta a nuestro módulo de software de adquisición a través de un capturador de imágenes de video (video grabber), como se muestra en la figura que se presenta a continuación.

Software TeleConsult: Cada médico, en las diferentes localidades, usa el software TeleConsult para cargar, procesar y analizar datos de imágenes con el fin de intercambiar información y anotaciones con otros médicos.

TeleConsult ofrece una implementación con base en el protocolo DICOM para el envío de información de imágenes médicas. El software suministra diversos servicios de comunicación para facilitar la colaboración médica. Además, el software brinda una interface para la transferencia de información de imágenes desde los dispositivos de ultrasonido fijos al software.

La aplicación médica ha sido desplegada en cuatro clínicas. Por otra parte, se necesita la instalación de un servidor Jabber para la comunicación y el intercambio de información médica.

Plataforma satelital

El sistema AmerHis puede dividirse en el segmento espacial y el segmento terrestre. El segmento terrestre consta de tres componentes:

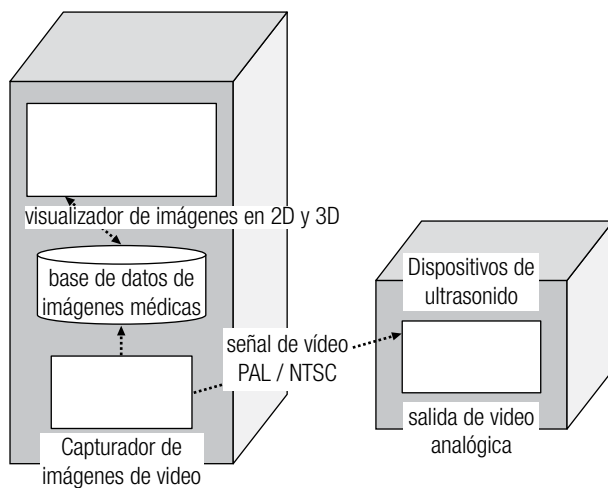


Figura 3 - Módulos de adquisición mediante un captador de cuadros de video (video frame grabber).

- El sistema de administración para configurar y gestionar la red.
- Interfaces gateway para los servicios terrestres.
- Los terminales de usuario para acceder al sistema.

La arquitectura general del sistema satelital se muestra en la Figura 6. Consta de cuatro nodos interconectados a través de comunicaciones satelitales (DVB-RCS a través de AmerHis).

El hospital central/de referencia es el Hospital Santa Casa, en Porto Alegre. Las otras tres instalaciones se encuentran en Breves, Portel y Gurupá.

El Hospital Santa Casa de Porto Alegre brinda un gateway de Internet para los nodos que están por detrás de la red satelital. El hospital ya cuenta con una infraestructura de red con 100 Mbps.

MODELO DE SERVICIO

La descripción del servicio suministrado puede resumirse de la siguiente forma:

- Cuatro sitios interconectados.
- Uno de los sitios se considera como hospital de referencia para 1ª y 2ª opinión de diagnóstico.
- El acceso a los hospitales remotos no es fácil y exige un tiempo de transporte significativo (desde horas hasta días).

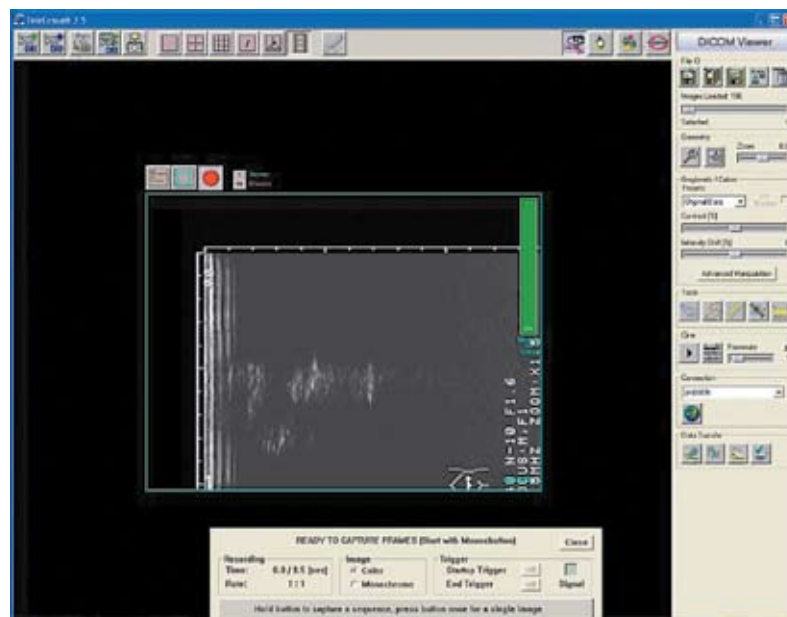


Figura 4 - Interfaz gráfica del usuario de los módulos de adquisición.

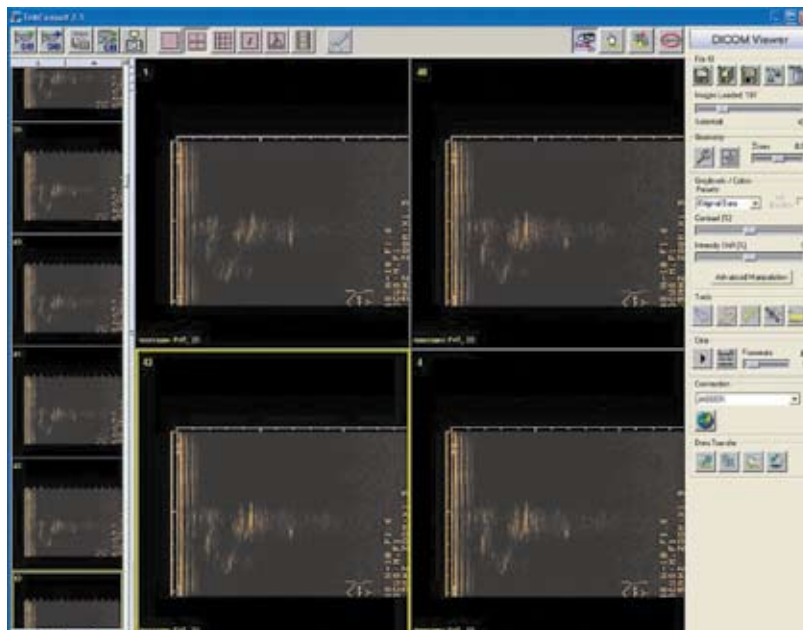


Figura 5 - Visualizador de imágenes de ultrasonido.

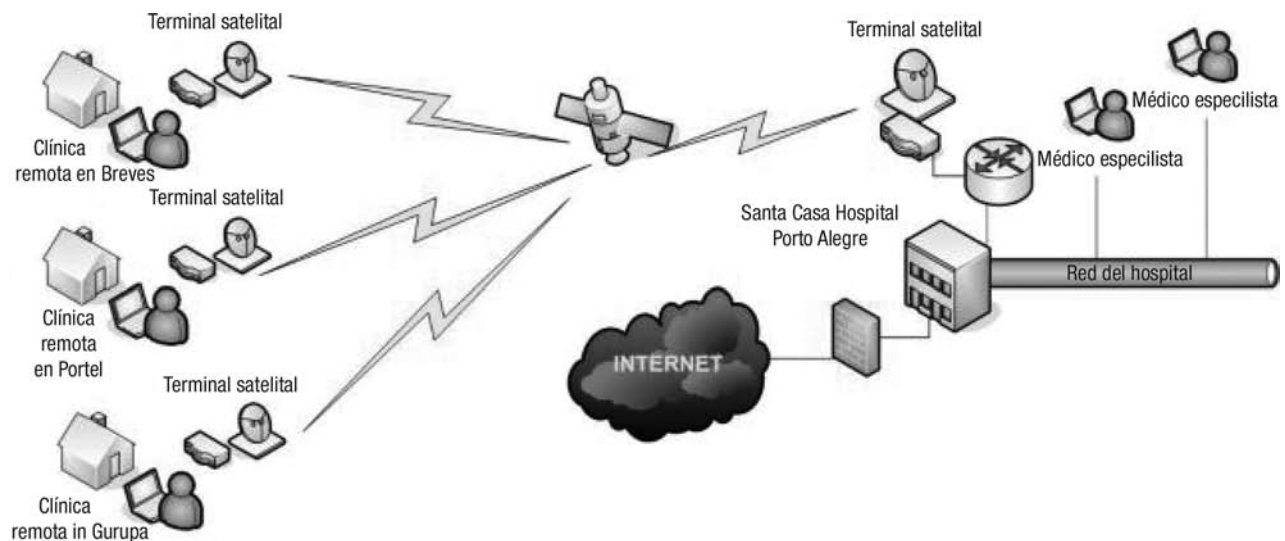


Figura 6 - Arquitectura general del sistema.

La propuesta de solución de la red T@His ofrece interconectividad total entre los sitios y conexión a Internet a través del hospital de referencia.

Esta red consta de:

- Terminales DVB-RCS estándar.
- Conectividad suministrada a través de la carga útil AmerHis a bordo del satélite Amazonas.

Para brindar un modelo sostenible, la solución propuesta debe ofrecer una mejor relación costo beneficio que la situación actual, en la que los doctores deben viajar.

El nuevo modelo de servicio exige sólo viajes parciales de los médicos del hospital de referencia al hospital remoto. No se pretende reemplazar totalmente estos viajes, ya que se debe mantener el contacto entre médico y paciente.

La meta es reducir en un 50% los viajes usando la aplicación TeleConsult, dedicando dos días al mes completos al hospital remoto.

Este modelo mantiene el mismo nivel de servicio pero ofrece otra ventaja. Los dos días no deben ser utilizados por los mismos especialistas, como ocurre cuando los mé-

dicos viajan. Estos dos días pueden administrarse de forma diferente según las necesidades de los pacientes.

Durante el proyecto T@His se ha demostrado que la evolución de las redes médicas existentes hacia modelos donde la comunicación satelital reemplaza parcialmente la asistencia remota suministrada por los hospitales es beneficiosa en términos económicos y de valor social.

El costo elevado del ancho de banda aquí se encuentra justificado por los altos costos que implica el transporte para atender pacientes en regiones que se encuentran a grandes distancias del hospital de referencia del área. Mientras mayor es el número de sitios remotos incluidos en el servicio, más valor puede obtener la institución a cargo de la prestación del servicio.

Después de la realización de un piloto exitoso, nuestra sugerencia es ampliar la red a 10 locales y entonces obtener feedback referente a la calidad del servicio. Si esto funciona adecuadamente, es posible realizar una ampliación a 15 y, posteriormente, a 20 locales.

T@His ofrece una plataforma telemática para el área de salud con el fin de realizar un trabajo cooperativo y transferir información médica a través de canales de comunicación satelitales (DVB-RCS). La tecnología permite la transmisión y el análisis de información bidimensional, así como también la utilización del recurso de videoconferencia entre médicos.

Las videoconferencias interactivas mediante T@His usadas para la realización de teleconsultas permiten realizar presentaciones a distancia a médicos y otros profesionales del área de cuidado de la salud. Y, además de esto, un intercambio acompañado de documentos permite superar y resolver los diversos problemas de la discontinuidad de medios en la medicina. De esta forma, T@His mejora el intercambio de informes médicos, segundas opiniones y opciones de tratamiento en la comunicación entre médicos.

La plataforma fue creada para usarla en el campo de los exámenes de ultrasonido. Sin embargo, puede adaptarse a la especificidad de todos los otros sectores del mercado de imágenes médicas, lo que constituye el objetivo a largo plazo del consorcio T@His.

La plataforma T@His ofrece diversas aplicaciones:

- Segunda opinión: para colaboración en línea o fuera de línea con relación a casos sospechosos de pacientes.
- Informes remotos: para envío de informes de imágenes, que pueden ser analizadas por médicos de forma remota, ya sea en tiempo real o de forma diferida, usando los recursos de almacenamiento y reenvío del sistema.

- Comunicación interdisciplinaria: para reuniones virtuales entre médicos de diversas especialidades.

Todas estas aplicaciones juntas presentan una solución completa de telemedicina. Las aplicaciones de T@His se establecen de modo interoperable internacionalmente, de modo que la transferencia de información puede cruzar fronteras nacionales y cualquier distancia.

Esto permite que T@His brinde diversos puntos de partida para suministrar soporte a los médicos para la toma de decisiones difíciles y para optimizar su conocimiento como especialistas.

DESPLIEGUE Y PRUEBAS DE CAMPO

El alcance de esta etapa fue la realización del despliegue del sistema en Brasil. La evaluación del sistema se concentra en la evaluación de características clave del sistema T@His con relación a su funcionalidad, confiabilidad y usabilidad durante su evaluación en casos de prueba en el piloto realizado entre las ciudades de Breves, Gurupa, Portel y Porto Alegre.

La evaluación incluyó el software, el hardware y actividades de evaluación independientes para asegurar el funcionamiento total de los elementos de configuración con relación a sus requisitos y el carácter completo de la parte física de los elementos de configuración.

El despliegue comenzó con la instalación en el Hospital Santa Casa. Se instalaron los terminales y las antenas. Además, los terminales se conectaron a la red existente del hospital y se suministró un gateway para recibir y transmitir información desde y hacia Internet.

Por otra parte, se instaló en el hospital TeleConsult incluyendo la aplicación NetMeeting. El software se instaló en la computadora en la que trabaja el médico experto que está suministrando los servicios médicos.

Se entregaron al médico cámaras web y un set de auriculares y micrófono. En este caso, donde no había una computadora disponible, IGD suministró una PC para la realización de las teleconsultas.

Una vez realizadas las instalaciones y la configuración en Porto Alegre, continuamos con el despliegue en el hospital de Breves. El despliegue incluyó la instalación y configuración del software y el hardware necesarios.

La aplicación TeleConsult se instaló en la PC del hospital y la PC se conectó al dispositivo de ultrasonido.

Las pruebas de campo incluyeron teleconsultas médicas y, en particular, la transmisión y recepción de infor-

mación médica. Se probaron diversos servicios de colaboración sincrónica y asincrónica. Durante las pruebas de campo se volvieron a probar todos los servicios de colaboración ya probados en laboratorio.

Se debe mencionar que los participantes del piloto participaron de sesiones de capacitación en la aplicación TeleConsult, incluyendo las funciones básicas de utilización del software.

Las sesiones de capacitación fueron conducidas por CETA, con la ayuda del Hospital Santa Casa. CETA visitó frecuentemente los sitios remotos para realizar sesiones de capacitación y para brindar asistencia de TI.

Durante la ejecución de los proyectos piloto, los médicos participantes completaron formularios para registrar el feedback y para evaluar el sistema con relación a diversos atributos y características de calidad. Esto se considera útil para medir el progreso realizado desde la etapa piloto y para descubrir los puntos débiles del sistema y los aspectos que requieren más atención.

Sin embargo, las veinte (20) teleconsultas realizadas sobre exámenes de ultrasonido entre el Hospital Santa Casa de Porto Alegre y el hospital de Breves, en el Estado de Pará, se registraron en un único día, con la asistencia de un técnico de CETA, debido a la falta de tiempo del médico.

A pesar de que el piloto incluyó tres áreas rurales en la región amazónica, sólo un local pudo usar el sistema.

Cuadro 1

Hospital	Número de teleconsultas	Comentarios
Breves	20	Muchas demoras durante el uso del sistema debido al cambio frecuente del personal médico
Portel	0	Sin personal médico disponible
Gurupa	0	Defecto en el terminal satelital. El terminal no fue reemplazado a tiempo ya que el haz brasileño del satélite Amazonas se cerró

Los resultados de los informes de evaluación de las (vinte) teleconsultas muestran que el médico realizó seis (6) teleconsultas en línea y catorce (14) teleconsultas fuera de línea (ver gráfico abajo).

Todos los exámenes se basaron en imágenes de ultrasonido en 2D.

La captura en 3D fue imposible en ese momento debido a que el hospital remoto no tenía dispositivos de ultrasonido en 3D.

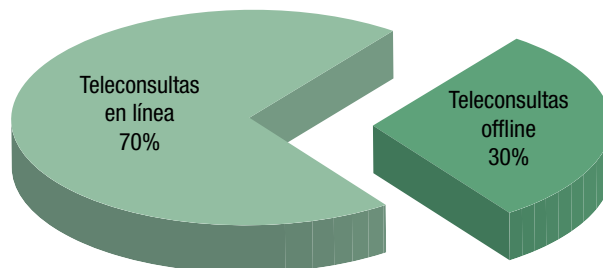


Figura 7 - Teleconsultas en línea versus Teleconsultas fuera de línea.

En el cuadro presentado abajo se muestran los tipos y el número de exámenes médicos. La información médica promedio transferida desde un local al hospital de referencia fue a aproximadamente 102,54 KB por teleconsultas.

Cuadro 2

Tipo de exámenes	Número de teleconsultas
Abdominal	3
Obstétrico	9
Urológico	4
Ginecológico	4

Cuadro 3

Tipo de imágenes de ultrasonido	Número de teleconsultas
2D – Bidimensional	20
3D – Tridimensional	0

Los médicos sólo intercambiaron unos pocos cuadros de ultrasonido, en los que el diagnóstico no era claro. El tiempo promedio de las teleconsultas fue de diez minutos, de acuerdo con la experiencia y conocimiento del médico. La Figura 8 muestra el porcentaje de cada tipo de examen de ultrasonido realizado.

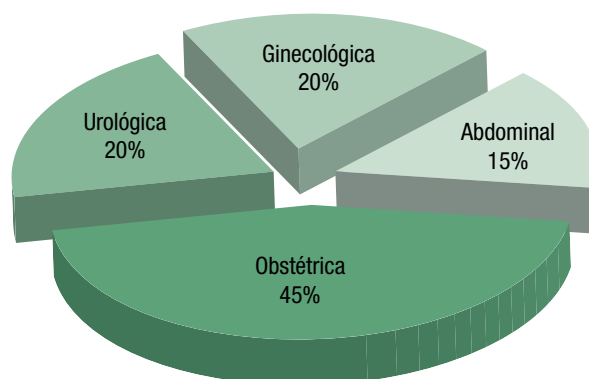


Figura 8 - Tipos de exámenes de ultrasonido realizados por el médico remoto.

Los resultados antes presentados demuestran los beneficios y la aplicación del sistema T@His. Sin embargo, la utilización del sistema ha sido relativamente insuficiente por las siguientes razones (recomendaciones abordadas en la sección Lecciones aprendidas):

- El equipo médico que recibió capacitación sólo tenía poco o casi nada de conocimiento acerca de cómo usar una computadora.
- El personal médico que recibió tratamiento no tenía ningún conocimiento o práctica con el equipo de ultrasonido.
- Durante la capacitación práctica se indicó a los médicos que utilizaran el sistema TeleConsult pero los médicos no querían operar ese equipo.
- La rotación del personal es elevada y el personal capacitado permaneció poco tiempo en el local donde recibió capacitación. Falta de interés entre los médicos con cargos permanentes.
- Tiempo insuficiente para atender a cada paciente.
- Limitaciones con relación al reemplazo de los equipos.

CONCLUSIONES

Para futuras actualizaciones de red en los nuevos proyectos de telemedicina, recomendamos tomar en cuenta las lecciones aprendidas durante T@His. Los tres lugares en Pará son realmente sitios remotos y fue un desafío importante, tanto en cuanto a la capacitación de los usuarios locales (médicos y/o técnicos informáticos) para operar el sistema como, especialmente, en cuanto a la motivación de los médicos para que usen el sistema.

La situación de los médicos realmente es diferente a la situación en Europa y esto debe tomarse en cuenta, como por ejemplo en cuanto al ritmo frenético de trabajo, un paciente cada cinco minutos, que no les da tiempo (ni motivación) para usar el sistema en tiempo real.

Los médicos son un recurso muy escaso en esas localidades y cuando uno se encuentra disponible en uno de dichos centros, deben encargarse de diversos casos.

El equipo del proyecto T@His, cada vez que un médico nuevo llega a lugares remotos, suministró una demostración del sistema técnico, del modo en que los médicos pueden usarlo y de cómo solicitar una segunda opinión de un médico experto. Sin embargo, los médicos no estaban en la situación de usar el sistema debido a su carga de trabajo de atención a pacientes en el hospital. A pesar de que los médicos conocían los beneficios de la utiliza-

ción del sistema ofrecido, no pudieron utilizarlo debido a limitaciones de tiempo.

La conclusión es que cuando se despliega la telemedicina, toda la infraestructura del sistema y del flujo de los exámenes médicos debe adaptarse y también debe contar con el apoyo oficial del sistema de salud.

Las habilidades técnicas en algunas áreas remotas son escasas. Por este motivo, el sistema debe ser lo más parecido posible a un sistema “plug and play” y “a prueba de memos”, incluyendo el máximo nivel de detalle en los manuales del usuario y las preguntas más frecuentes.

El sistema de telemedicina desplegado es fácil de usar y ha sido presentado a los médicos. Sin embargo, los médicos han dedicado algún tiempo a la aplicación y a aprender cómo usarla y también a explorar las nuevas funciones. Parece que los médicos nunca invierten el tiempo adecuado para conocer la aplicación médica y para comprender las funciones básicas y las operaciones ofrecidas.

Un asunto clave es establecer un vínculo sólido entre los médicos de los locales remotos y los médicos del hospital principal que suministran una segunda opinión y realizan teleconsultas de forma remota. Sería aún mejor si hubiera algún trabajo conjunto anterior o algún tipo de colaboración entre los hospitales participantes, lo que tendría un impacto significativo en la utilización efectiva del sistema.

Con relación al futuro impulso de la telemedicina, es muy importante comprometer al hospital principal en el proceso de selección de los lugares en los que se realizarán la teleconsultas. También es necesario contactar a los médicos con cargos permanentes en el hospital y comprometerlos a usar el sistema antes de realizar una instalación en un lugar determinado.

Estos lugares remotos presentan dificultades para comunicarse, incluso telefónicamente, de modo que las teleconsultas deben ser cuidadosamente concertadas de forma anticipada y es necesario un fuerte compromiso entre las partes que participan de los eventos planeados.⁹

El proyecto T@His también encontró limitaciones con relación a la sustitución de equipos. Las personas que participaron del proyecto han sido capacitadas para instalar, configurar y usar la aplicación, pero la experiencia demostró que el equipo de proyecto debe ampliar su capacitación también al hardware, así como también tener a disposición piezas de repuesto de cada equipo del proyecto, especialmente en las localidades que son más lejanas.

Un médico entrevistado le comentó al equipo de T@His que realmente estaban interesados en el sistema de videocon-



ferencias, así como también en el intercambio de opiniones en tiempo real.

Los médicos también manifestaron interés en la formación, ya que no pueden participar en congresos y presentaciones, pero sí podrían participar y aprender a partir de esas instancias, incluyendo sitios de congresos conocidos en la red de telemedicina, integrando la telemedicina con las necesidades continuas de diagnóstico y terapéuticas de los médicos.

El equipo de T@His ha obtenido una importante experiencia ya que los problemas enfrentados son desafíos que deberemos resolver cada vez que deseemos ejecutar un sistema de teleconsulta en áreas remotas y subdesarrolladas.

Estas lecciones aprendidas deben tomarse en cuenta para el inicio de proyectos y para proyectos futuros (por ejemplo MedNet en el marco de FP7).

En resumen, se demostró que uno de los asuntos cruciales para asegurar el éxito del proyecto es un estudio profundo de las necesidades de la región, comprometiendo la participación de los médicos desde el principio hasta el final del proyecto.

Además, para garantizar las sustentabilidad del sistema, es esencial tanto la instalación apropiada del sistema como su mantenimiento.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto T@His ha sido financiado parcialmente por la Agencia Espacial Europea (ESTEC/ESA).

REFERENCIAS

1. TeleInVivo. [homepage on the Internet].[Citado en 2008 Dec 22]. Disponible en: <http://www.igd.fhg.de/teleinvivo>.
2. Binotto APD, Sachpazidis I, Torres MS, Sakas G, Rohl R, Polanczyk CA, Pereira CE. T@lmed: a telehealth case study project based on ultrasound images. In: V Workshop de Informática Médica, Porto Alegre, Brazil, 6th June 2005. Porto Alegre: Seta; 2005.
3. AmerHis System. [homepage on the Internet].[Citado en 2008 Dec 22]. Disponible en: <http://www.hispasat.com/Detail.aspx?sectionsId=20&lang=en>
4. Sachpazidis I, Kiefer S, Selby P, Ohl R, Sakas G. A medical network for teleconsultations in Brazil and Colombia. In: Proceedings of the Second IASTED International Conference on Telehealth. Anaheim, Calgary. Zurich: IASTED/ACTA Press; 2006. p.16-21.
5. Sachpazidis I, Selby P, Binotto APD, Sakas G, Pereira CE. Enhanced Medical Services in Amazon over AmerHis Satellite. In: European Symposium on Biomedical Engineering, 2006. Patras: ESBME; 2006. p. 4.
6. Sachpazidis I, Ohl R, Polanczyk A, Torres MS, Messina LA, Sales A, Sakas G. Applying telemedicine to remote and rural underserved regions in Brazil using Medical Consulting tool. In: Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology; 27th Annual Conference Shanghai, China September 1-4, 2005.
7. Kiefer S, Sachpazidis I. Telemedicine for rural and remote regions, optimizing health care resources by telehealth platforms, an example from Latin-America. In: Vortraganlässlich der International Conference on Advanced Information and Telemedicine Technologies for Health AITTH 2005 in Minsk (Weißrussland) 8.-10.11. Minsk: IBMT; 2005.
8. Sachpazidis I, Hohlfeld O, Ohl R. Implementation of a jabber-based medical tele-consulting application. In: Fifth International Network Conference Doryssa Bay Resort, 5-7 July 2005 on Samos Island, Greece. Greece; 2005.
9. Chao LW, Silveira PS, Böhm GM. Telemedicine and education in Brazil. J Telemed Telecare. 1999; 5(2):137-8.