

IMPLANTAÇÃO DO PROJETO NACIONAL DE TELESSAÚDE UTILIZANDO REDES TOLERANTES A ATRASOS E DESCONEXÕES

BERNARDINE, M.¹, OLIVEIRA, A. M. B.², OLIVEIRA, L. R. de³

¹Núcleo de Telessaúde do Ceará, mbx@matrix.com.br

Universidade Federal do Ceará, Campus do Porangabussu, Fortaleza, Ceará, Brasil

²Laboratório Multiinstitucional de Redes e Sistemas Distribuídos - LAR, mauro@cefetce.br
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Fortaleza, Ceará, Brasil

³Núcleo de Telessaúde do Ceará, lro@ufc.br

Universidade Federal do Ceará, Campus do Porangabussu, Fortaleza, Ceará, Brasil

Resumo: Os recentes avanços nas TICs têm criado oportunidades sem precedentes para ultrapassar os desafios de tornar o atendimento de alta qualidade na saúde disponível a todos, superando a dificuldade de que o prestador e o usuário devem estar presentes no mesmo local e ao mesmo tempo, desta forma, aumentando o número de maneiras com as quais podem ser proporcionados cuidados de saúde. Com a iniciativa do Ministério da Saúde, em 2007, de implantação do Programa Nacional de Telessaúde, este desafio vem sendo superado no Brasil. Neste período o Núcleo de Telessaúde do Ceará vem realizando inúmeros trabalhos na área de Educação à Distância e Telemedicina, através de palestras e treinamentos de capacitação dos profissionais de saúde, bem como teleconsultorias em várias especialidades médicas. Para estas ações a Internet é a principal tecnologia de comunicação, isto deve-se a flexibilidade, eficiência e robustez do perfil de protocolos TCP/IP, os quais permitem suportar diversas aplicações em diferentes cenários. Porém, um dos principais problemas enfrentados é a dificuldade na instalação de infraestrutura de Internet no interior do Estado e em áreas remotas. No entanto, em cenários com longos atrasos e frequentes desconexões, como os enfrentados nos municípios do Ceará, os protocolos TCP/IP não se adequam, necessitando, portanto de novos protocolos. Redes com estas características específicas são denominadas Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões (Delay and Disruption Tolerant Networks - DTNs), este trabalho apresenta um projeto de implantação do Programa Nacional de Telessaúde utilizando a tecnologia de Redes DTNs para as suas ações nos municípios do Ceará onde não existe conexão de Internet disponível, ou onde esta é de difícil instalação.

Palavras chaves: Telemedicina, Telessaúde, Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões – DTNs

Key words: Telemedicine, Telehealth, Delay and Disruption Tolerant Networks - DTNs.

Introdução

Um dos grandes desafios enfrentados pela humanidade no século 21 é tornar o atendimento de alta qualidade na saúde disponível para todos¹. Essa visão é, talvez, impossível de atingir, devido à carga imposta por uma população mundial em crescimento, com antigas e novas doenças e o próprio aumento das expectativas para a saúde, além das condições socioeconômicas que, por outro lado, aumentaram as disparidades relativas ao estado de saúde entre países e dentro deles.

Tradicionalmente, parte da dificuldade em conseguir um acesso equitativo aos cuidados de saúde deve-se ao fato de que o prestador e o usuário devem estar presentes no mesmo local e ao mesmo tempo. Os recentes avanços nas tecnologias da informação e das comunicações - TICs, no entanto, têm criado oportunidades sem precedentes para superar esta situação, aumentando o número de maneiras com as quais podem ser proporcionados cuidados de saúde. Isto se aplica tanto aos países em desenvolvimento, com economias frágeis ou instáveis, como aos países industrializados. As possibilidades de utilização de TICs para melhorar a prestação de cuidados de saúde são cada vez mais reconhecidas.

Este trabalho apresenta um projeto de implantação do Programa Nacional de Telessaúde² utilizando uma tecnologia de redes de comunicação, Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões (DTNs – *Delay - Tolerant Networks*)³, em municípios onde não existe conexão de Internet disponível, ou onde esta é de difícil instalação.

Contextualização da metodologia

1 - O Programa Nacional de Telessaúde

O Ministério da Saúde, visando à qualificação da atenção à saúde, implantou em 2007 o Programa Nacional de Telessaúde, que se iniciou com a criação de nove Núcleos de Telessaúde, situados nos estados do Amazonas, Ceará, Pernambuco, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Cada núcleo está conectado a 100 Pontos instalados em Unidades Básicas de Saúde (UBS), distribuídos por todo território destes Estados, contemplando aproximadamente 2.700 equipes de Saúde da Família e beneficiando cerca de 11 milhões de habitantes

O principal objetivo do Telessaúde Brasil é melhorar a qualidade do atendimento da Atenção Básica no Sistema Único de Saúde, por meio da ampliação da capacidade de ação das equipes de Saúde da Família, utilizando tecnologia que permite promover a teleeducação, a teleassistência e a regulação do sistema.

A Estratégia do Telessaúde Brasil consta na implantação de uma infraestrutura de informática e de telecomunicação para o desenvolvimento contínuo a distância dos profissionais das equipes de Saúde da Família, a partir da utilização de “multimeios” (biblioteca virtual, videoconferência, canais públicos de televisão, vídeo streaming e chats), bem como a estruturação de um sistema de consultoria e segunda opinião educacional entre especialistas em Medicina de Família e Comunidade e preceptores de Saúde da Família, profissionais da Atenção Básica e instituições de Ensino Superior. Desta forma a prioridade é ter a segunda opinião realizada pelos profissionais mais experientes na área, ficando aberta a possibilidade de atuação dos demais especialistas.

2 - O Núcleo de Telessaúde do Ceará

O Núcleo de Telessaúde do Ceará iniciou, alocado no Laboratório de Informática da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará – UFC, suas atividades em agosto de 2007 e realiza inúmeros trabalhos na área de Educação à Distância e Telemedicina, através de palestras e treinamentos de capacitação de médicos, enfermeiros, técnicos e agentes de saúde, Teleconsultorias nas especialidades de Cardiologia, Pediatria, Dermatologia, Neurologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço, além da realização de mais de 30.000 eletrocardiogramas. Atualmente está implantado em 100 municípios do Estado do Ceará sendo 53 deles com eletrocardiógrafos digital. A Tabela 1 mostra os principais números de suas atividades ao longo de dois anos de atuação.

Tabela 1

ECGs	Urgências Cardiológicas	Discussões de Caso	Teleconsultorias	Palestras	Cursos
31.324	690	173	363	73	4

Atividades do Núcleo de Telessaúde do Ceará no período de 2007 a 2009

3 - Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões – DTNs (Delay - Tolerant Networks)

O modelo do protocolo TCP/IP, no qual se baseia a Internet, foi teoricamente projetado para operar de forma independente da tecnologia de sub-rede que existisse. Assim, o perfil de protocolos TCP/IP deve operar em redes cabeadas confiáveis, redes sem fio, redes de satélite, redes ópticas etc. No entanto, os atuais mecanismos do TCP/IP se baseiam em suposições típicas de redes cabeadas convencionais com a existência de uma conectividade fim-a-fim entre fonte e destino durante todo o período correspondente a sessão de comunicação, desta forma, o TCP/IP não se mostra muito adequado para redes caracterizadas por atrasos longos ou variáveis, prevalência de desconexão, quebra frequente de conexões, conectividade intermitente, alta taxas de

erro, limitação de recursos (ex. memória e bateria), etc. Convencionou-se denominar a classe de redes com estas características específicas de Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões (Delay and Disruption Tolerant Networks - DTN) e, mais recentemente, de Redes com Desafios⁴.

A arquitetura DTN inclui os conceitos de Região e Mensageiro. Uma Região corresponde a um agrupamento de nós (fixos ou móveis) com características relativamente homogêneas, na qual sua formação e o número de nós participantes variam de acordo com a natureza do sistema. Dentro de cada região existe um caminho fim-a-fim entre quaisquer dois nós, podendo ser utilizados protocolos locais para prover comunicação dentro da região. Caso os nós de regiões independentes e incompatíveis queiram se comunicar, é preciso a intervenção de um ou mais agentes capazes de interconectar estas regiões e traduzir as suas características incompatíveis. Este agente é denominado Mensageiro. Um Mensageiro pode ser identificado como qualquer nó móvel que participe de pelo menos duas regiões e aceite transferências de mensagens sob custódia, ou seja, ser responsável pelo armazenamento da mensagem enviada por uma região e só removê-la do buffer caso ela seja entregue à região destino ou seu tempo de vida expirar.

Para possibilitar o armazenamento e o encaminhamento de mensagens entre as regiões, a arquitetura DTN prevê a comutação de mensagens *store-and-forward* definindo uma camada de agregação (*Bundle Layer*) com um protocolo único. Esta camada é, na verdade, uma sobrecamada (*overlay*) utilizada para tornar a DTN totalmente independente das diversas redes regionais, permitindo que as aplicações se comuniquem através de múltiplas regiões.

Um desafio comum a todas as categorias de DTN é o roteamento, pois é preciso determinar rotas na rede sem o estabelecimento de um caminho fim-a-fim entre fonte e destino. Segundo estas categorias os cenários DTNs são divididos em determinístico e estocástico, no cenário determinístico, as conexões e as movimentações futuras são totalmente conhecidas, ou seja, a topologia completa da rede é conhecida de antemão pelos nós. No cenário estocástico (ou dinâmico) o comportamento da rede é aleatório e desconhecido, impossibilitando a computação das melhores rotas.

Neste contexto, este trabalho apresenta uma proposta de implantação do Projeto Nacional de Telessaúde utilizando DTN em um cenário determinístico. Assim, é modelado um ambiente tolerante a atrasos e desconexões que agrega as principais características positivas de protocolos de roteamento já propostos na literatura para cenários determinísticos.

Objetivos

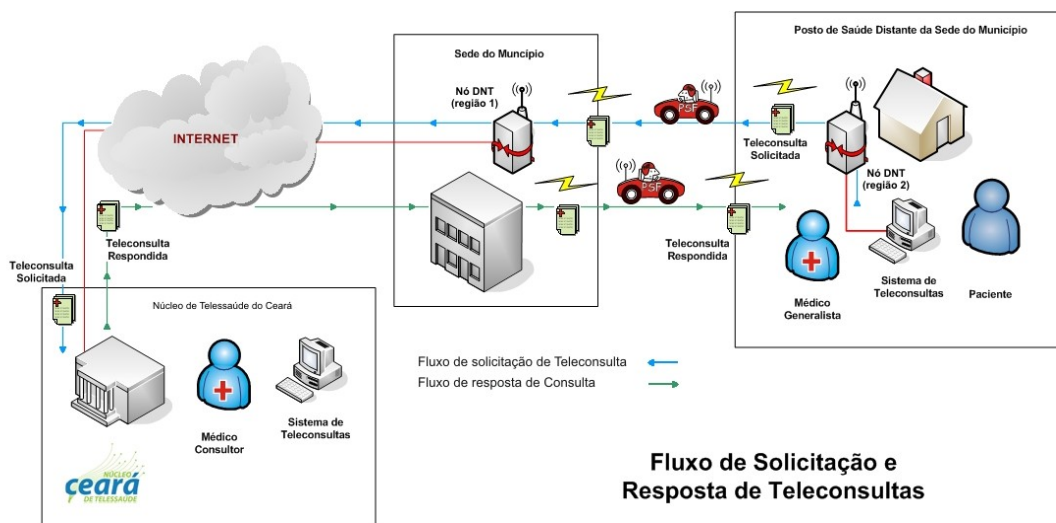
O Objetivo deste trabalho é propor uma solução de implantação do Programa Nacional de Telessaúde nos municípios do Estado do Ceará utilizando redes DTN, propiciando conexão de Internet para as ações do Núcleo de Telessaúde do Ceará.

O cenário proposto é a utilização dos veículos do Programa de Saúde da Família (PSF) como Mensageiro, já que os mesmos fazem diariamente o transporte dos médicos entre a sede do município e as UBS mais distantes da sede, desta forma, podem levar a estas localidades a Segunda Opinião Educacional, uma das prioridades do Programa.

O médico da USB, médico solicitante, utilizando um sistema de teleconsultas (desenvolvido e em uso no Núcleo Ceará), solicita uma segunda opinião, ou uma consulta, a um médico plantonista no Núcleo Ceará (médico especialista em Família e Comunidade ou em outra especialidade), a consulta ficaria armazenada no Nó

DTN (região 2) até a chegada do Mensageiro. Este chegando, recebe do Nó a consulta, que ao retornar à sede do município, será transmitida ao próximo Nó DTN (região 1), e este por sua vez envia a consulta, via Internet, ao Núcleo Ceará de Telessaúde, onde um médico de plantão (médico consultor) responde a teleconsulta enviando-a de volta via Internet, ficando armazenada no Nó DTN da sede do município a espera do Mensageiro, que a levará à USB solicitante. A figura 1 demonstra o fluxo proposto.

Figura 1



Fluxo de Solicitação e Resposta de Teleconsultas

Metodologia

O modelo proposto consiste na seguinte implementação:

- **Nó DTN na sede do município (região 1):** computador desktop com sistema operacional Linux com protocolos DTNs⁵, com dois adaptadores de rede, sendo um interligado a rede local (LAN) e o outro sem fio, conectado a uma antena externa.
- **Mensageiro (carro do PSF):** computador netbook com sistema operacional Linux com protocolos DTNs, conectado a uma antena externa.
- **Nó DTN na UBS (região 2):** computador desktop com sistema operacional Linux com protocolos DTNs, com dois adaptadores de rede, sendo um interligado a rede local (LAN) e o outro sem fio, conectado a uma antena externa.

Esperamos com esta proposta produzir um protótipo modelo para os Nós DTN e para o Mensageiro que seja viável sua produção em escala, com um custo acessível aos municípios menos favorecidos economicamente.

Para efeito de cálculo supomos que os equipamentos desktop, da sede do município e da UBS, já existam no município, apenas seria necessário a aquisição do computador netbook para o Mensageiro, dos adaptadores de rede sem fio e de suas respectivas antenas de comunicação.

O objetivo é atingir um custo máximo de investimento de R\$ 1.800,00 com a produção do hardware e um custo zero de manutenção mensal para as UBS.

A tabela 2 expõe um comparativo de custos entre a solução proposta e uma convencional baseada num enlace de rede sem fio.

Tabela 2

Solução Convencional		
Equipamento	Custo (R\$)	Custo (R\$) total em 12 meses
Torre de rádio	100,00	100,00
Link de Internet mensal (300Kbps)	300,00	3.600,00
Antena	140,00	140,00
Rádio	360,00	360,00
Serviço de Instalação das antenas e alinhamento do enlace	1.200,00	1.200,00
Custo Total	1.800,00	5.400,00
Solução DTN:		
Torre de rádio	100,00	100,00
Adaptador de rede sem fio	60,00	60,00
Antena	140,00	140,00
Netbook	900,00	900,00
Serviço de Instalação das antenas	400,00	600,00
Custo Total	1.800,00	1.800,00

Comparativo de custos entre a Solução DTN e uma Solução Convencional

Conclusões

Mostramos que a solução DTN possibilita levar as ações do Programa Nacional de Telessaúde a localidades remotas de difícil instalação de infraestrutura de Internet, propiciando acesso a saúde e a atendimento de qualidade, com um custo aceitável e viável à maioria dos municípios menos favorecidos economicamente. Como vimos na tabela 2, a solução DTN não prevê custo mensal do link de Internet na UBS, uma vantagem econômica em relação a solução convencional, o que permite ao município, com um pouco a mais de investimento, implantar o Programa em todas as suas UBS.

Outra vantagem da implantação da solução DTN é a possibilidade de ter uma consulta ou atendimento, que levaria meses para ser feito, ser resolvido em poucos dias, no caso do Núcleo de Telessaúde do Ceará as Teleconsultorias são respondidas em até três dias úteis.

Ressaltamos que esta solução não suporta aplicações em tempo real, mas a nossa intenção é levar a estas localidades uma das prioridades do Programa Nacional de Telessaúde, o atendimento à atenção básica com a Segunda Opinião Educacional, evitando assim, os encaminhamentos desnecessários de pacientes.

Destacamos ainda que, além das ações acima, várias outras aplicações podem ser desempenhadas com a solução DTN, como Prontuário Eletrônico e troca de e-mails, regulação do sistema, ou qualquer outra aplicação que tenha tolerância a atrasos.

Referências

- _____. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Projeto Promoção da Saúde. Declaração de Alma-Ata; Carta de Ottawa; Declaração de Adelaide; Declaração de Sundsvall; Declaração de Santafé de Bogotá; Declaração de Jacarta; Rede de Megapaíses; Declaração do México. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2001.
- _____. Programa Nacional de Telessaúde. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde (SGTES) e Secretaria de Atenção à Saúde (SAS). [online] [Acessado em 2009 Nov.2] Disponível em <http://www.telessaudebrasil.org.br/php/level.php?lang=pt&component=42&item=1>
- FARRELL, S., CAHILL, V., GERAGHTY, D., HUMPHREYS, I., E MCDONALD, P. When TCP Breaks: Delay- and Disruption- Tolerant Networking. IEEE Internet Computing 10, 4 (2006), 72–78.
- CHEN, L.-J., YU, C.-H., SUN, T., CHEN, Y.-C., E HUA CHU, H. A Hybrid Routing Approach for Opportunistic Networks. Em ACM SIGCOMM Workshop on Challenged Networks (CHANTS) (setembro de 2006), ACM Press, pág. 213–220.
- V. G. Cerf, S. C. Burleigh, A. J. Hooke, L. Torgerson, R. C. Durst, K. L. Scott, K. Fall, and H. S. Weiss. Delay-Tolerant Network Architecture. Internet Draft, March 2003. <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/internet-drafts/draft-irtf-dtnrg-arch-02.txt>

6. OLIVEIRA, C. T., E DUARTE, O. C. M. B. Uma Análise da Probabilidade de Entrega de Mensagens em Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões. Em Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC'07) (maio de 2007).
7. Zhang, Z. (2006). Routing in intermittently connected mobile ad hoc networks and delay tolerant networks: Overview and challenges. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 8(1):24–37.