



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GTL 22
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

**GRUPO XVI
GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS
ELÉTRICOS**

**TECNOLOGIAS WIMAX E WIFI MESH VIABILIZAM REDE CONVERGENTE MULTI-SERVIÇOS PARA AS
APLICAÇÕES FIXAS E MÓVEIS DAS EMPRESAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

Iran Lima Gonçalves *

FUNDAÇÃO CPQD

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo descrever as características básicas das novas tecnologias WiMAX e WiFi Mesh e de algumas aplicações corporativas e operacionais importantes e essenciais para as empresas de produção e transmissão de energia elétrica, objetivando uma situação de operação eficiente e rentável para a mesma.

O foco deste trabalho está na recomendação da implementação de uma rede convergente multi-serviços por parte das empresas de produção e transmissão de energia elétrica, objetivando o transporte das aplicações descritas, o que certamente resultará em diversos benefícios operacionais e financeiros para estas *Utilities*.

São apresentadas as principais funcionalidades e características motivadoras da tecnologia WiMAX, as quais possibilitam a implementação de uma rede robusta do ponto de vista de confiabilidade e segurança operacional, em conformidade com o padrão IEEE 802.16 (WiMAX fixo e móvel).

Finalmente, propõe-se uma arquitetura para a implementação de uma rede utilizando as tecnologias WiMAX e WiFi Mesh, mapeando as diversas aplicações de uma empresa produtora e transmissora de energia elétrica, ressaltando os benefícios que este tipo de solução de rede viabiliza para estas empresas.

PALAVRAS-CHAVE

Convergência de redes, Monitoração, Mobilidade, WiFi Mesh, WiMAX

1.0 - INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas produtoras e transmissoras de energia elétrica possuem várias soluções de redes de telecomunicações para viabilizar a sua operação, sendo algumas delas soluções proprietárias e outras terceirizadas de provedores de redes e serviços.

As soluções terceirizadas normalmente estão ligadas a interligação de prédios da empresa em uma mesma cidade ou em localidades diferentes, sendo que por estas redes, normalmente tipo frame relay ou canais E1, passam as chamadas aplicações corporativas.

As soluções proprietárias são implementadas por diversos tipos de redes de comunicação, tais como: fibras ópticas, rádios digital, rádio analógico, rádio trunking digital, rádio trunking analógico, VHF, dentre outros.

Tais redes são adquiridas de diversos fornecedores, sendo que muitas delas estão em estado de vida útil avançado. Isto impacta em um alto custo quanto a diversificação de conhecimento técnico do pessoal de operação e manutenção da mesma, bem como da necessidade de se manter sobressalentes diversos para as mesmas.

Com a evolução tecnológica, em especial na área de rádio comunicação voltada para redes banda larga metropolitana, estão nascendo duas tecnologias que podem e devem ser utilizadas pelas empresas de produção e transmissão de energia elétrica para que em conjunto, ambas tecnologias possam implementar uma rede metropolitana convergente multi-serviços, objetivando o suporte ao tráfego das diversas aplicações que hoje estão sobre vários tipos de redes, tanto proprietárias quanto terceirizadas.

A evolução tecnológica destes sistemas rádio surgiu da necessidade de se expandir o acesso à Internet e os sistemas das corporações, ambos que exigem banda larga em seus acessos para prover os serviços de dados, voz e vídeo, em regiões e áreas cada vez maiores. Surgiu então a chamada tecnologia WiMAX, que significa Worldwide Interoperability for Microwave Access. O WiMAX nada mais é do que um sistema do tipo BWA (Broadband Wireless Access), entretanto com um grande diferencial que é a padronização, suportada pelos dois maiores fabricantes de chipsets (ex.: Intel e Fujitsu), entre outros, pelo IEEE e por várias empresas de tecnologia. Estas empresas e várias outras (fabricantes, operadoras, ISPs, etc) interessadas na padronização criaram o WiMAX Fórum, objetivando facilitar esta padronização e redução de custo dos equipamentos.

A padronização de uma tecnologia de acesso rádio utilizando protocolo IP e possibilitando altas taxas de transmissão possibilita a interoperabilidade dos equipamentos. O IEEE especificou a tecnologia WiMAX, através do padrão IEEE 802.16. Trata-se de uma tecnologia de rede metropolitana sem fio, fixa e móvel, com suporte a cobertura de até 50 quilômetros e taxas de transmissão de até 74 Mbit/s, além de prover qualidade de serviço (QoS) e interfaces para redes IP, ATM, E1/T1 e Ethernet.

Já a tecnologia WiFi Mesh (802.11s) evolui do WiFi (*Wireless Fidelity*), chamado pelo IEEE de padrão 802.11 ou WLAN (*Wireless local Area Network*). Basicamente foram implementados roteadores WiFi inteligentes com protocolo de roteamento de alto desempenho e algumas outras funcionalidades mencionadas neste trabalho.

Com isto, estas tecnologias são adequadas para implementar uma única rede *wireless* metropolitana, que suporta a convergência dos diversos tipos de serviços operativos e corporativos das *Utilities*, tais como: Comunicação de dados e voz, telecomando e telemedição em Sub-estações (SEs) e em Linhas de Transmissão, Pontos de Telecontrole de Rede (PTRs), bem como despacho de equipes de manutenção.

A utilização de uma única rede de comunicação para prover todos estes serviços resulta em um aumento da eficiência operacional, na redução de vários custos e conseqüente aumento de lucratividade para as empresas de produção e transmissão de energia elétrica.

2.0 - APLICAÇÕES DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA DE ENERGIA ELÉTRICA

São diversas as aplicações que podem ser suportadas pelas redes com tecnologia WiMAX. No caso das empresas produtoras e transmissoras de energia elétrica também há uma grande diversidade de aplicações podem trafegar em uma rede metropolitana ou rural privada convergente utilizando a tecnologia WiMAX.

Algumas destas aplicações já existem atualmente nas empresas de energia elétrica e são providas por diversos meios ou redes de comunicações.

Neste item serão mencionadas algumas destas aplicações, segmentando-as por tipos de aplicações. As aplicações podem ser classificadas da seguinte forma:

2.1 Aplicações corporativas

As aplicações corporativas englobam as seguintes áreas de uma empresa de energia elétrica:

- Administrativa (SAP);
- Financeira (Faturamentos e emissão de contas);
- Comercial (Compra e venda de energia e call center); e
- Comunicação (Telefonia corporativa; dados corporativo, incluindo data center, Intranet e Internet; telefonia IP; teleconferência; videoconferência e etc)

2.2 Aplicações de automação de infra-estrutura

As aplicações de automação de infra-estrutura englobam os controles e automação das Linhas de Transmissão (LTs), Sub-estações (SEs) e Pontos de Telecontrole de Rede (PTRs). Incluem os serviços de telemedição, telecomandos, teleproteção, monitoração de parâmetros de desempenho através do uso de sensores e televigilância através da coleta de imagens para fins de segurança patrimonial.

2.3 Aplicações operacionais

As aplicações operacionais são aquelas voltadas para a manutenção e operação da rede de energia elétrica. Elas estão relacionadas com o processo de despacho através de voz, mensagens e/ou *E-services*. Possibilitam ainda a rápida identificação e localização de sobressalentes necessários no processo de manutenção, bem como a atualização do estoque.

Também fazem parte destas aplicações a execução de teleconferência ou videoconferência, para facilitar a tomada de decisões complexas no processo de manutenção e eventualmente reduzir a necessidade de viagens em caso de reuniões de planejamento para tomada de decisões operacionais.

Entende-se que todos estes serviços das aplicações operacionais deverão ocorrer em caráter móvel em áreas metropolitanas ou rurais próximas da cidade.

2.4 Aplicações sociais

As aplicações sociais são as voltadas para atendimento a população, em especial as escolas públicas e postos de saúde. Incluem ainda, por exemplo, os serviços de informação e conscientização da população através de Totens em locais públicos, tais como: postos de saúde, correios, postos de combustíveis, padarias, farmácias, dentre outros.

Estes acessos podem disponibilizar informações relativas a empresa de energia elétrica, tais como:

- Informações genéricas sobre localização e contatos de serviços, tais como: polícia, bombeiros, postos de saúde, farmácias, escolas, etc.
- Serviços de comunicação para escolas em comunidades carentes, fornecendo conteúdos informativos através de *sites* da Internet, focando na educação básica e na conscientização energética.

2.4 Aplicações ambientais

As aplicações ambientais são as voltadas para a conservação do meio ambiente, em especial nas localidades próximas de barragens e SEs, ao longo de LTs e etc.

Podem ser executadas através de visualização ambiental por meio de câmeras, as quais coletariam imagens de pontos críticos do meio ambiente, e/ou por sensores de temperatura e umidade, por exemplo.

3.0 - ARQUITETURA E TOPOLOGIA DA REDE WIMAX

A topologia e a arquitetura de rede especificada pelo IEEE 802.16 estão ilustradas na Figura 1. São definidos os elementos ERBs (Estações Rádio Base) e CPEs (*Customer Premises Equipment*), que são os clientes posicionados nas extremidades da rede.

A ERB realiza a interface entre a rede sem fio e uma rede núcleo (*Core Network*), suportando interfaces IP, ATM, Ethernet ou E1/T1. A CPE permite ao usuário acessar a rede, através do estabelecimento de enlaces com a ERB, em uma topologia Ponto-Multiponto.

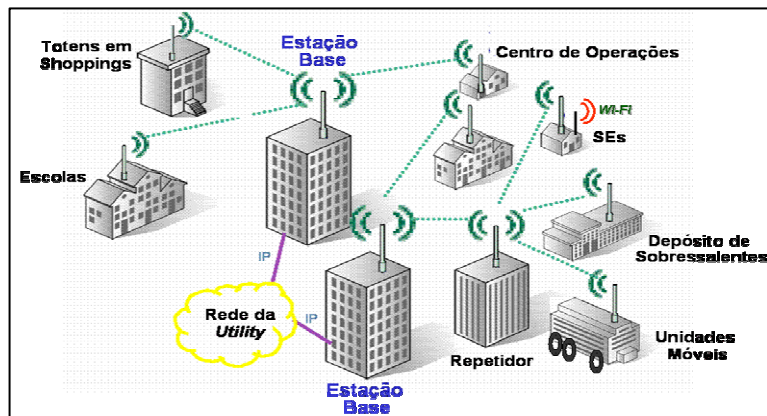


FIGURA 1- Topologia e arquitetura de rede da tecnologia WiMAX.

4.0 - CARACTERÍSTICAS MOTIVADORAS E DESAFIOS PARA O USO DA TECNOLOGIA WiMAX

4.1 Características motivadoras

A tecnologia WiMAX chega com algumas características diferenciais intrínsecas ao padrão 802.16, as quais certamente alavancarão a sua penetração no mercado mundial.

4.1.1 Padronização e interoperabilidade

A padronização dos equipamentos e suas funcionalidades facilitarão a modularidade dos sistemas sem fio banda larga com tecnologia WiMAX. Isto possibilitará a interoperabilidade das ERBs com as CPEs de diversos fornecedores, facilitando expansões futuras e fazendo com que as *Utilities* se interessem ainda mais por esta tecnologia.

4.1.2 Desempenho à distância e taxa de transmissão

As distâncias cobertas por esta tecnologia variam com a frequência de operação, a taxa de transmissão necessária e com a morfologia da área de propagação. De forma geral, estas distâncias podem variar de 30 km em áreas rurais planas até 2 km em áreas densas urbanas.

Quanto a taxas de transmissão, dependendo da largura de banda disponível, um sistema WiMAX pode alcançar até 74,81 Mbit/seg (teórico), o que certamente excede a necessidade tradicional de um enlace de dados de uma empresa distribuidora de energia elétrica.

As taxas de transmissão são alteradas de forma automática e dinâmica em função dos parâmetros sistêmicos de cada enlace, podendo sair de uma modulação tipo 64 QAM para uma mais robusta (QPSK), sem interromper a comunicação, conforme ilustra a Figura 2. Neste caso, haveria uma queda de 4 vezes na taxa de transmissão, conforme apresentado na Tabela 1.

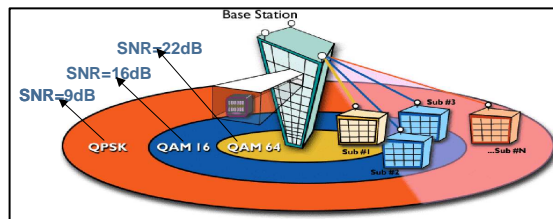


FIGURA 2- Esquema modulação adaptativa adotada na tecnologia WiMAX.

A Tabela 1 apresenta as variações das possíveis taxa de transmissão em função da largura de banda disponível e do tipo de modulação.

TABELA 1 – Taxa de transmissão em função da largura de banda e da modulação

Modulation / Code Rate	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16 QAM 1/2	16 QAM 3/4	64 QAM 2/3	64 QAM 3/4
1.75 MHz	1.04	2.18	2.91	4.36	5.94	6.55
3.5 MHz	2.08	4.37	5.82	8.73	11.88	13.09
7.0 MHz	4.15	8.73	11.64	17.45	23.75	26.18
10.0 MHz	8.31	12.47	16.63	24.94	33.25	37.40
20.0 MHz	16.62	24.94	33.25	49.87	66.49	74.81

Adicionalmente, estes sistemas também possuem uma enorme eficiência espectral, quando comparado com sistemas concorrentes sem fio banda larga.

4.1.3 Operação sem linha de visada

O uso da técnica de modulação OFDM (*Orthogonal Frequency Division Modulation*) pelo WiMAX permite que a comunicação seja possível entre dois pontos mesmo que não haja visada direta entre os mesmos.

A recepção de sinais em multi-percurso, refletidos em prédios urbanos, por exemplo, e a sua devida composição por esta técnica de modulação, aliada a capacidade de modulação adaptativa da tecnologia WiMAX, aumenta o desempenho da recepção, possibilitando que a mesma seja aplicada na comunicação em áreas urbanas onde não exista linha de visada. A Figura 2 apresenta o esquema da modulação adaptativa da tecnologia WiMAX.

4.1.4 QoS (*Quality of Service*) e convergência de serviços

A característica de possibilitar a implementação de mecanismos de reserva de banda para serviços específicos, garantindo QoS fim-a-fim dos mesmos é certamente uma das grandes vantagens desta tecnologia, a qual possibilita a convergência de serviços de voz, dados e imagem, tão importantes para uma rede com aplicações corporativas. Esta característica possibilita a provisão de múltiplos serviços de tempo real (voz e vídeo) ou não (dados) com a qualidade por este desejada.

4.1.5 Mecanismos de segurança e autenticação

O nascimento desta tecnologia WiMAX com protocolos de criptografia do tipo AES para tráfego das informações e DES para a troca de chaves, bem como a certificação digital através do protocolo X509v3, garantem a rede WiMAX a robustez necessária para viabilizar o tráfego de aplicações que requerem alto grau de privacidade, integridade e autenticidade das informações.

4.1.6 Múltiplas faixas de frequência (com e sem licença)

Do ponto de vista do espectro de frequência, os fornecedores estão desenvolvendo equipamentos para serem utilizados em várias faixas de frequências, regulamentadas como faixa não-licenciada, que não necessitam de licença do uso do espectro dos órgãos reguladores, e em faixas licenciadas por estes órgãos. Com isto, as empresas produtoras e transmissoras de energia elétrica poderão criar as suas próprias redes optando por faixas licenciadas ou não-licenciadas.

As faixas não-licenciadas são em 2,4 GHz, 5,4 GHz e 5,8 GHz e as licenciadas são em 2,5 GHz e 3,5 GHz.

A maior demanda no Brasil está na faixa de 3,5 GHz em função das licenças para operação de serviços banda larga, o qual garante a operação em caráter primário, sem interferências e conseqüentemente com maior confiabilidade. No Brasil, esta faixa de frequência será utilizada pelas operadoras STFC (Serviço de Telefonia Fixo Comutado) e SCM (Serviços de Comunicação Multimídia), desde que adquiram a licença para uso deste espectro da ANATEL.

Outra faixa de frequência que terá uma grande ocupação nos próximos anos é a de 5,8 GHz. Esta banda deverá ser a preferencial de empresas corporativas como bancos, utilities, comércios e outros, bem como para empresas de órgãos públicos como prefeituras, governos, ministérios e etc.

A faixa de frequência de 2,4 GHz, por estar muito ocupada, especialmente por sistemas WiFi, não deverá ter grande demanda, pelo menos nas áreas urbanas.

No Brasil, a banda de 2,5 GHz é reservada para os provedores de MMDS, os quais podem utilizar os sistemas WiMAX na faixa de 2,5 a 2,6 GHz.

4.2 Desafios

Por outro lado, ainda há muitos desafios a se vencer no sentido de convencer o mercado a utilizar esta tecnologia emergente.

4.2.1 Redução de preços e custos (capex e opex)

Com a padronização dos equipamentos e com uma concorrência crescente, o mercado espera que seus custos caiam drasticamente viabilizando vários tipos de negócios, os quais certamente já estão mapeados em diversos "Business Cases". Esta redução dos preços resultará num baixo investimento (CAPEX), o qual aumentará a penetração da tecnologia WiMAX em vários mercados.

4.2.2 Gerenciamento da rede e confiabilidade operacional

Por tratar-se de uma tecnologia nova no mercado, é essencial que estes sistemas possuam um sistema de gerência capaz de detectar eventuais falhas e problemas de desempenho, bem como possibilitar a configuração e provisionamento de recursos de rede e serviços. Isto garantirá a confiabilidade e credibilidade operacional destas redes e possibilitará a sua implementação com maior tranquilidade e garantia de seu funcionamento.

4.2.3 Fácil instalação e operação (CPE *plug'n'play*)

Um dos grandes mercados desta tecnologia é o residencial, o qual é normalmente leigo do ponto de vista tecnológico e com baixo conhecimento para realizar procedimentos de instalação de alta ou média complexidade. Sendo assim, o terminal do usuário final deve requerer procedimentos de instalação de baixíssimo grau de complexidade. Isto certamente facilita a instalação destes equipamentos pelas *Utilities*.

4.2.4 Provar ser tecnologia de ruptura para crescer

Além de tudo isto, a tecnologia WiMAX, considerada uma tecnologia de ruptura pelos motivos anteriormente citados, deve ainda viabilizar várias de suas promessas para se sedimentar no mercado, tais como: Prover *Wireless VoIP* com QoS, migrar para o Padrão 802.16e que garantirá mobilidade, etc.

Sendo assim, espera-se com esta tecnologia uma quebra de paradigma com relação a comunicação, em especial a comunicação pessoal, possibilitando a migração do “*Anytime’n’Anywhere*” (a qualquer momento e em qualquer lugar) para o “*Easy to Use*” (fácil de usar).

5.0 - TECNOLOGIA WIFI MESH

5.1 Descrição das redes WiFi Mesh

As redes WiFi Mesh possuem dois tipos de elementos de rede: os *Mesh Routers Gateways* (com função de *gateways* se necessitar se interconectar com outras redes) e os *Mesh Routers*.

Um enlace fim-a-fim (cliente a cliente) passa necessariamente pelos *Mesh Routers*, que realizam o devido roteamento, criando o caminho entre um cliente e outro, através de um ou mais saltos (*multi-hop*) entre os *Routers*.

No caso da rede WiFi Mesh ser utilizada para uma aplicação de controle ou medição, o que será detalhado ainda neste trabalho, a comunicação ocorre entre um cliente WiFi Mesh e o centro de controle da empresa de energia elétrica. Neste caso, a comunicação sai da rede WiFi Mesh e passa por outra rede via um *gateway*.

5.2 Características das redes WiFi Mesh

As redes WiFi Mesh têm as seguintes características principais:

- Normalmente operam em 2,4 GHz, são compatíveis com os padrões 802.11b/g e interoperam com quaisquer Clientes em conformidade com os padrões 802.11b/g. Também existem equipamentos que operam em 5,8 GHz, especialmente como *backhaul* (entroncamento).
- Suportam protocolo IP fim-a-fim.
- As saídas são em porta Ethernet.
- Suportam várias VPNs.
- Possuem vários níveis de segurança,
- A infra-estrutura necessária é mínima, resultando em custos e tempo de implantação reduzidos;
- São auto-reconfiguráveis, pois a novos entrantes se ajustam às condições da rede e garantem a continuidade da conectividade através de protocolos de roteamento, que buscam dinamicamente novas alternativas de caminhos para o tráfego.
- São altamente escaláveis, sendo que a abrangência de sua cobertura é aumentada através dos novos entrantes. Entretanto é limitada pelo número de saltos (*hops*) entre terminais fim e número de terminais *gateway*.
- Com potências menores e com os saltos, alcança mesmas distâncias de conectividade das outras redes.

6.0 - CENÁRIO PARA IMPLANTAÇÃO DE REDE METROPOLITANA CONVERGENTE

6.1 Descrição da solução de rede proposta

Considerando as tecnologias de redes apresentadas e as aplicações das empresas de energia elétrica mencionadas anteriormente, as quais requerem um meio de transmissão para serem viabilizadas de forma eficiente e confiável, propõe-se a implementação de uma rede baseada na tecnologia WiMAX, fazendo o papel do *backbone* urbano e acesso em alguns casos, e na tecnologia WiFi Mesh nas suas extremidade, cobrindo o acesso para alguns serviços. Tal solução certamente atende as demandas de rede das aplicações mencionadas, nas áreas metropolitanas e rurais próximas das cidades. Esta solução está representada na Figura 3.

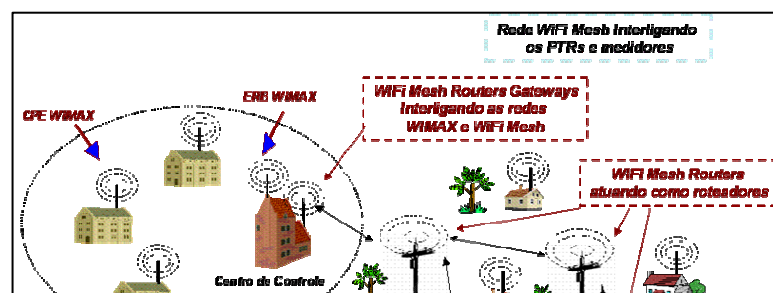


FIGURA 3 – Arquitetura da Rede mista com tecnologias WiMAX e WiFi Mesh

6.2 Mapeamento das aplicações na solução de rede proposta

As aplicações apresentadas neste trabalho podem ser atendidas por esta solução de rede das seguintes formas:

- As aplicações corporativas, cujo acesso é realizado a partir de ambientes indoor (prédios), podem utilizar a rede WiMAX, sendo que em cada prédio da empresa que necessite interligar-se a rede deve ter uma CPE WiMAX.
- As aplicações de automação de infra-estrutura podem utilizar a rede WiMAX, no caso das LTs, e a rede WiFi Mesh, que está interligada a rede WiMAX, no caso dos PTRs. As SEs podem ser interligadas pela rede WiMAX, sendo que seria utilizado WiFi tradicional no ambiente interno das mesmas.

No caso das SEs certamente poderiam ainda ser utilizados sensores especiais com saída WiFi, como existem atualmente nas câmeras de vídeo. Os sensores poderiam medir parâmetros como: temperatura, vibração, viscosidade, gases, tensão, corrente, dentre outros.

- As aplicações operacionais poderão ser suportadas pelas redes WiMAX Móvel (802.16-2005), na qual um dispositivo semelhante a uma CPE WiMAX estará embarcado em um notebook, terminal de despacho móvel ou PDA (Personal Device Assistance).
- As aplicações sociais têm um perfil de operação do usuário final de forma fixa e específica em certos ambientes e localidades. Sendo assim, poderia ser atendida pela tecnologia WiMAX, através de suas CPEs WiMAX.
- As aplicações ambientais poderão em sua grande maioria ser implementadas através de câmeras de vídeo via WiFi (atualmente) e no futuro através de câmeras de vídeo no padrão WiMAX. Poderão ainda ser utilizados sensores para monitorar diversos parâmetros ambientais, tais como: temperatura e umidade.

7.0 - BENEFÍCIOS

Os benefícios que esta solução de rede proposta pode trazer para uma empresa de produção e transmissão de energia elétrica são basicamente voltados para a gestão operacional e financeira. São eles:

- Reduzir custos com a rede de dados terceirizada utilizada para interligar os prédios da empresa.
- Reduzir custos com as várias redes de comunicação, tais como: capacitação do pessoal quanto a gerência, operação e manutenção de cada tipo de rede, quantidade de pessoas para fazer estas atividades, estoque de sobressalentes de cada tipo de rede, etc.
- Agilidade, eficiência e facilidade na operação e gerência de uma rede única.
- Controle e agilidade quanto a necessidade de expansão dos enlaces de interligação da rede corporativa, o que hoje depende da empresa provedora deste serviço.
- Melhorar as atividades operacionais de gerência e manutenção nas SEs.
- Melhoria de desempenho e eficiência das equipes de manutenção da rede de energia elétrica, que terão uma poderosa ferramenta de acesso a informações da rede, e acesso via voz, dados e imagem a qualquer pessoa ou banco de dados da empresa, desde que tenha permissão de acesso.
- Possibilidade de ampliar as ações sociais e as divulgações referente a empresa e consumo a seus clientes.
- Possibilidade de ampliar as ações ambientais, melhorando o ecossistema de sua região.
- Aumentar a rentabilidade e imagem da empresa.

8.0 - CONCLUSÃO

Atualmente as empresas de produção e transmissão de energia elétrica possuem vários tipos de redes nas áreas metropolitanas, sendo na sua maioria antigas e ultrapassadas do ponto de vista tecnológico, para viabilizar os procedimentos operacionais do dia-a-dia.

Mesmo assim, estas redes não viabilizam a implementação de todas as aplicações que são de interesse destas empresas, haja visto que em alguns casos, uma análise de custo x benefícios não justifica a implementação de uma rede para atender a uma aplicação específica.

Este trabalho propõe a implementação de uma única rede metropolitana convergente multi-serviços para suportar o tráfego de todas as aplicações corporativas e operativas e os seus serviços associados, utilizando as tecnologias inovadoras WiMAX e WiFi Mesh.

A viabilidade de tal implementação para atender aos diversos serviços deve-se as características relacionadas ao desempenho de cobertura e de tráfego, segurança, QoS, dentre outros parâmetros apresentados, recursos estes que garantem o sucesso destas tecnologias de rede.

A implementação da solução de rede proposta com estas modernas tecnologias resulta em diversos benefícios de ordem operacional e financeira para as empresas de produção e transmissão de energia elétrica.

9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ANSI/IEEE Std 802.16-2004 - Air Interface for fixed broadband wireless access. 2004.
- (2) GONÇALVES, Iran. Visão do mercado para a tecnologia WiMAX. NETCOM 2005, São Paulo/SP, junho/2005.
- (3) FIGUEIREDO, Fabrício. Fundamentos da Tecnologia WiMAX. NETCOM 2005, São Paulo/SP, junho/2005.
- (4) Business Case Models for Fixed Broadband Wireless Access on WiMAX Technology and the 802.16 Standard. WiMAX Forum, 2004.
- (5) A Survey on Wireless Mesh Networks. IEEE Radio Communications, September 2005.
- (6) Mesh Networks: Commodity Multihop Ad Hoc Networks. IEEE Communications Magazine, March 2005.
- (7) Myths and Realities of Wi-Fi Mesh Networking. Yankee Group Report, February 2006.

10.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Iran Lima Gonçalves

Nascido em Colatina, ES, em 14 de abril de 1962

MBA/Pós-Graduação (2000) em Gestão Empresarial: FGV-Rio de Janeiro

Graduação (1985) em Engenharia Elétrica: INATEL- Santa Rita do Sapucaí/MG

Empresa: Fundação CPqD, desde 1986

Engenheiro da Diretoria de Negócios e Soluções Mercadológicas