

# ANALISIS PEMANFAATAN DAN PELUANG WiMAX DAN 3G

Yusep Rosmansyah ([Yusep@lss.ee.itb.ac.id](mailto:Yusep@lss.ee.itb.ac.id))  
Dimas Widyasastrena ([dimas232@students.itb.ac.id](mailto:dimas232@students.itb.ac.id))  
Eko Marpanaji (  
Armein Langi ([langi@ieee.org](mailto:langi@ieee.org))

Kelompok Keahlian Teknologi Informasi  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, ITB

## ABSTRAK

*Meskipun kedatangan teknologi WiMAX sangat menjanjikan, ada beberapa aspek yang perlu dicermati, baik teknis maupun non-teknis. Di negara-negara Eropa, pelaku teknologi 3G telah dengan cepat memanfaatkan kesempatan time-to-market sementara teknologi WiMAX masih dalam kondisi diinkubasi. Banyak di antara mereka langsung menggelar teknologi 3.5G, demikian juga dengan para vendor user terminal. Pangsa pasar yang dibidik WiMAX dalam beberapa tahun ke depan, saat ini sudah mulai digerogeti oleh 3G dan 3.5G, padahal para vendor peralatan WiMAX, baik infrastruktur maupun user terminal, masih berkuat di masalah interoperabilitas. Permasalahan bertambah rumit untuk di Indonesia, karena frekuensi kerja utama WiMAX, di 2.3, 2.5 dan 3.5 GHz, sedang dipakai oleh operator satelit. Setelah dianalisis, dapat disimpulkan bahwa dalam menerapkan teknologi WiMAX perlu beberapa pertimbangan teknis dan non-teknis secara bijaksana.*

**Kata Kunci:** WiMAX, 3G

## 1. LATAR BELAKANG

Ada beberapa faktor penting mengapa teknologi nirkabel semakin populer, di antaranya: (1) faktor kemudahan – tanpa adanya kabel yang terhubung ke terminal, pengguna bebas berpindah atau bahkan bergerak sambil tetap berkomunikasi; (2) keberadaan akses semakin luas, seperti seluler, Internet nirkabel, maupun hotspot; (3) harga akses dan peralatan nirkabel semakin murah – baik peralatan seluler maupun *wireless local area network* (WLAN); (4) kemampuan teknologi nirkabel yang semakin meningkat; serta (5) beberapa organisasi atau perusahaan sudah mewajibkan karyawannya menggunakan perangkat nirkabel ini.

Dalam menyongsong kebutuhan dan semakin ketergantungan masyarakat akan teknologi nirkabel ini, para vendor (termasuk di dalamnya para peneliti), pengusaha dan operator yang tergabung ke dalam beberapa organisasi standardisasi sedang giat-giatnya mempromosikan dan memasarkan produknya. Organisasi standardisasi yang cukup populer saat ini adalah (1) 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) yang menangani standardisasi GSM (*Global System for Mobile Communication*), GPRS (*General*

*Packet Radio Services*), E-GPRS/EDGE (*Enhanced GPRS / Enhanced Data rate for Global Evolution*),

UMTS FDD dan TDD (*Universal Mobile Telecommunication System, Frequency Division Duplex & Time Division Duplex*), HSPA (*High Speed Packet Access*, yang terdiri atas HSDPA dan HSUPA/EUDCH) dan LTE (*Long Term Evolution*); (2) 3GPP2 (*3rd Generation Partnership Project 2*) yang mengembangkan standard *cdma2000 1X (single carrier)*, EV-DO (*evolved, data optimised*) dan EV-DV (*evolved, data and voice*); dan (3) IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) dengan standard teknologi nirkabel seri 802, yang lebih dikenal dengan nama panggilan yang dipromosikan oleh perusahaan pendukungnya, yaitu Wi-Fi, WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), WiMedia, Mobile-Fi, Bluetooth, dan Zigbee.

Dewasa ini, GSM sudah tidak asing lagi, setidaknya ada sekitar 50 juta pengguna di Indonesia. Layanan data GSM yang berupa GPRS dan EDGE sudah cukup dikenal juga oleh pengguna GSM ini, terutama yang sudah tergantung pada layanan data / Internet. Demikian juga halnya dengan *cdma2000-1X*, yang dipopulerkan dengan nama dagang Flexi, Esia,

StarOne dan Fren. Yang akan segera meramaikan pasar adalah teknologi generasi ketiga (3G), terutama UMTS/HSPA dan cdma2000-EVDO. Ini semua berasal dari teknologi seluler.

Sementara itu, teknologi nirkabel Wi-Fi dan Bluetooth yang berasal dari teknologi jaringan komputer, sudah semakin ramai dipakai masyarakat. Teknologi Wi-Fi ini digunakan mulai dari sebagai WLAN di kantor, sekolah, pusat perdagangan, hotel, dan kafe, sampai jaringan backhaul untuk WISP (*wireless Internet service provider*). Lain halnya dengan Wi-Fi, teknologi Bluetooth (dan nantinya Zigbee), tergolong jaringan personal dan umumnya nirbayar, jadi hanya untuk penggunaan interkoneksi peralatan pribadi dalam jangkauan beberapa meter.

Yang menarik dari perkembangan teknologi nirkabel dewasa ini adalah persaingan urat syarat antara teknologi 3G (UMTS/TDD/HSPA/cdma2000-EVDO) dengan teknologi WiMAX. Yang lebih menarik lagi untuk dicermati dan diwaspadai adalah perkembangan teknologi WiMAX, karena potensi yang dipromosikannya cukup menjanjikan sehingga sangat menarik banyak pihak, sementara barangnya masih dalam keadaan diinkubasi, sehingga masih belum terlalu jelas informasi teknis dan praktisnya.

## 2. RUMUSAN MASALAH

Dari banyaknya macam teknologi nirkabel yang berkembang, ditambah dengan simpang-siurnya informasi yang ditawarkan berbagai pihak yang berkepentingan, suatu analisis ringkas yang dilakukan secara akademis dan semaksimal mungkin tanpa tendensi, dirasa perlu. Makalah ini ditulis sebagai suatu upaya untuk menjawab permasalahan: bagaimana sebenarnya pemanfaatan dan peluang teknologi WiMAX dibanding dengan kompetitornya teknologi 3G?

## 3. METODOLOGI

Metode penulisan yang dilakukan lebih difokuskan pada kajian literatur [1-9], pengumpulan data sekunder dan analisis permasalahan. Hasil analisis merupakan kesimpulan dan pendapat penulis, yang terbuka untuk diperdebatkan dan direvisi.

## 4. ANALISIS PELUANG DAN PEMANFAATAN

### 4.1. Teknologi WiMAX

WiMAX adalah sebuah nama dagang sebuah rumpun teknologi *metropolitan area network* (MAN) yang dipromosikan oleh WiMAX Forum, yaitu kelompok vendor yang mengembangkan dan memproduksi peralatan yang meimplementasikan standard IEEE seri 802.16 [2]. Standard ini fokus pada pembahasan teknis untuk layer fisik dan akses-jamak (PHY dan MAC). WiMAX Forum melengkapi standard untuk keperluan praktis, seperti kinerja minimal, interoperabilitas dan persyaratan-persyaratan frekuensi radio. Posisi WiMAX terhadap standard IEEE 802.16 seperti halnya Wi-Fi pada 802.11.

Mungkin tidak banyak yang mengetahui bahwa WiMAX adalah *family of standards, yang saling tidak kompatibel*, seperti halnya keluarga standard 3G ITU-IMT2000 (*International Telecommunication Union, International Mobile Telecommunication 2000*). Ringkasnya, saat ini ada 3 buah standard terkini [2,3]: 802.16a, 802.16d atau 802.16-2004 dan 802.16e. Selain itu, ada juga peralatan yang mirip dengan WiMAX ini, yang kerap disebut pre-WiMAX, salah satunya adalah WiBro. Berikut ini adalah ulasan ringkas mengenai masing-masing standard WiMAX tersebut.

#### 4.1.1. WiMAX Feeding (16a), frekuensi 10-60 GHz

Standard ini sudah tuntas sejak Desember 2001, tetapi tidak banyak mendapat perhatian, terutama karena dalam banyak hal tidak lebih baik dari solusi gelombang mikro point-to-point pabrikan yang selama ini banyak dipakai sejak puluhan tahun lalu. Tujuan utama pengembangan standard ini adalah untuk *feeding link*, misalnya dari sentral ke tower base station.

#### 4.1.2. WiMAX Fixed (16d, 16-2004), frekuensi di bawah 10 GHz

Standard ini diberi nomor 802.16d atau 802.16REVd (revisi d) dan tuntas pada Juni 2004, sehingga lebih sering disebut sebagai 802.16-2004. Berbeda dengan yang versi 16a, frekuensi kerjanya di bawah 10 GHz dan dapat beroperasi pada kondisi *non line of sight* (NLOS). Teknologi multiplexing yang digunakan adalah OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*), dan teknologi akses-jamaknya menggunakan suatu bentuk TDMA (*Time Division Multiple Access*).

WiMAX 16d ini sering disebut sebagai FWA (*Fixed Wireless Access*). Penggunaan utamanya ditargetkan untuk teknologi akses nirkabel pelanggan sebagai pengganti DSL (*digital subscriber line*), *backhaul*

link hotspot Wi-Fi atau base station seluler atau pengganti leased line ke perusahaan-perusahaan. Terminal pelanggan (CPE, *customer premises equipment*) yang ideal ditargetkan berbentuk PC Data card atau indoor module, tetapi tampaknya pengembangannya masih perlu beberapa tahun ke depan, sehingga yang paling cepat akan berupa *outdoor unit*.

#### 4.1.3. WiMAX Cellular (16e), frekuensi di bawah 6 GHz

Meskipun lebih sering disebut berkemampuan *nomadic* atau *portable*, sebenarnya target akhir standard ini adalah tidak lain dari mobilitas seluler, sebuah fitur yang tidak dimiliki standard WiMAX yang lain. Bekerja pada frekuensi di bawah 6 GHz dengan kondisi kanal NLOS dan mobilitas sampai 120 km/j, WiMAX 16e ini menggunakan metode akses S-OFDMA (*Scalable OFD Multiple Access*), dengan jumlah tone berkisar antara 128 – 2048, kecuali pilihan 256 tone. Sampai makalah ini ditulis, proses standarisasi masih berlangsung.

Dengan kemampuan komunikasi suara dan data bergerak, tentunya fitur handover merupakan suatu keniscayaan. Fitur ini membuat WiMAX 16e ini berhadapan langsung dengan teknologi 3G dan penerusnya.

#### 4.1.4. WiMAX non-standard

Selain tiga standard WiMAX tersebut di atas, ada varian-varian WiMAX yang lain, misalnya WiBro, ZiMAX, dan xMax dan pre-WiMAX lainnya. WiBro (*wireless broadband*) adalah varian WiMAX yang dikembangkan oleh Korea Selatan, dan mirip dengan WiMAX 16e. WiBro menggunakan OFDMA dan bekerja pada frekuensi 2.3 GHz, mendukung portabilitas sampai 120 km/j, tetapi masih belum mendukung *seamless-handover*. ZiMAX adalah varian WiMAX yang dikembangkan perusahaan China ZTE [5]. Tabel 1 [3] meringkas karakteristik penting WiMAX.

Tabel 1: Ringkasan Deskripsi Teknis WiMAX [3]

	Feeding	FWA	Cellular
Completed	December 2001	January 2003	June '04 / Mobility mid '05
Spectrum	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Channel Conditions	Line of Sight Only	Non Line of Sight	Non Line of Sight
Bit Rate	32 - 134 Mbps in 28MHz channel bandwidth	Up to 75 Mbps in 20MHz channel bandwidth	Up to 15 Mbps in 5MHz channel bandwidth
Modulation	Single Carrier QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM 256 sub-carriers QPSK, 16QAM, 64QAM	1x Scalable OFDMA QPSK, 16QAM, 64QAM
Mobility	Fixed	Fixed	Portable Data mobility (<120 km/h)
Channel Bandwidths	20, 25 and 28 MHz	Scalable 1.5 to 20 MHz	Scalable 1,25 to 20 MHz
Typical Cell Radius	2 to 5 km	7 to 10 km Max. range 50 km	1 to 5 km

## 4.2. Teknologi 3G: UMTS/TDD/HSPA dan cdma2000-EVDO

UMTS merupakan teknologi 3G yang distandardisasi negara-negara Eropa dan Jepang dan diwadhahi oleh 3GPP. Teknologi ini berbasis *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA) sebagai teknik akses-jamaknya. Ada dua varian dari cara dupleksinya, yaitu FDD & TDD (*frequency & time division duplex*). Bekerja pada frekuensi 2 GHz, dengan kemampuan mendukung komunikasi suara dan data dalam keadaan bergerak sampai 120 km/j dan NLOS. HSPA merupakan evolusi lanjutan dari UMTS, yang meningkatkan efisiensi spektrum, sehingga dapat dicapai laju data yang lebih tinggi. Dari blok AS dan Korea, diwadhahi oleh 3GPP2, distandardisasi cdma2000, yang evolusi lanjutannya berupa EV-DO (revisi 0, revisi A, terakhir revisi B) dan EV-DV. Karakteristiknya hampir sama seperti UMTS. Tabel 2 [4] meringkas karakteristik penting teknologi 3G.

Tabel 2: Ringkasan Deskripsi Teknis 3G [4]

	Peak Network Downlink Speed	Average User Throughputs for File Downloads	Capacity/Spectral Efficiency	Other Features
GPRS <sup>11</sup>	115 kbps	30 - 40 kbps		
EDGE	473 kbps	100 - 130 kbps	Double that of GPRS	Backward compatible with GPRS
UMTS - WCDMA	2 Mbps <sup>12</sup>	220 - 320 kbps	Increased over EDGE for high-bandwidth applications	Simultaneous voice and data operation, enhanced security, QoS, multimedia support, and reduced latency
UMTS - HSDPA	14 Mbps <sup>13</sup>	550-1100 kbps <sup>14</sup>	Two and a half to three and a half times that of WCDMA	Backward compatible with WCDMA
3GPP Long Term Evolution	100 Mbps (Target goal)	10 Mbps (Target goal)	Two to four times higher than HSDPA (Target goal)	Goal of radio interface latency of less than 10 msec. (Target goal)
CDMA2000 1XRTT <sup>15</sup>	153 kbps	50-70 kbps <sup>16</sup>		
CDMA2000 1xEV-Data Optimized (DO) <sup>17</sup>	2.4 Mbps	400-700 kbps <sup>18</sup>		Optimized for data, VoIP in development
CDMA2000 1xEV-DO Rev A	3.1 Mbps	Slightly improved over EV-DO	70 to 100% capacity gain on uplink <sup>19</sup>	Optimized for VoIP and data

## 4.3. Analisis Teknis

Dari uraian ringkas di bagian 4.1, diketahui bahwa WiMAX *fixed* dan *mobile* tidak saling kompatibel. Penyebab inkompatibilitas ini antara lain karena berbedanya jumlah *tone* pada OFDM *fixed* (256 tone) versus OFDMA *mobile* (128, 512, 1024 dan 2048), berbedanya teknik akses jamak (access-grant TDMA versus OFDMA), dan berbedanya format frame data. Oleh karena itu, sebuah operator yang berharap evolusi dari layanan *fixed* ke *mobile* perlu menyiapkan dua perangkat WiMAX yang berbeda, sementara di pihak pengguna harus menggunakan perangkat dual-mode. *Seamless handover* antara

kedua standard belum dimungkinkan, tidak seperti *seamless*-nya handover antara GSM dan UMTS.

Sebagian beranggapan WiMAX dapat menyediakan laju data sampai 70 MBps pada jarak 50 km. Hal ini memang dimungkinkan secara teoritis apabila syarat LOS, link titik-ke-titik, daya pancar maksimal, dan antena terarah digunakan. Tetapi, link gelombang mikro lainnya yang dapat menyediakan sampai ratusan Mbps pada kondisi ini [2]. Pada konfigurasi point-to-multipoint, seperti halnya base station seluler, mendapatkan laju data 70Mbps dimungkinkan pada jarak beberapa puluh atau ratus meter, sesuatu yang dimungkinkan pula oleh teknologi Wi-Fi saat ini [6,7], apalagi ketika teknologi versi lanjutnya **802.11n** mulai direalisasikan.

Sebagai bandingan lain, cdma2000-1X yang dioperasikan dalam mode fixed, dengan menggunakan spektrum 2.5 MHz dapat mendukung kapasitas sekitar 95 kanal suara, sementara WiMAX dapat mendukung kanal VoIP (*voice over IP*, dengan codec G.729@8kbps) dengan jumlah yang setara tetapi menggunakan bandwidth 40% lebih besar, yaitu 3.5 MHz.

WiMAX merupakan calon potensial untuk penggunaan di pedesaan, untuk pengganti DSL dan backhaul seluler atau hotspot. Tantangan utama yang dihadapi WiMAX di pedesaan adalah biaya investasi, apalagi jika spektrumnya harus bayar. Setelah didemonstrasikan di testbed Rural NGN ITB [8], penggunaan Wi-Fi 802.11b yang jauh lebih murah sudah cukup memadai untuk backhaul komunikasi pedesaan saat ini.

Penggunaan untuk pengganti DSL ke rumah-rumah merupakan sebuah potensi yang sangat menarik, terutama untuk daerah-daerah yang belum ada layanan nirkabel (Wi-Fi atau yang lain), DSL dan kabel. Hal yang masih perlu dicermati adalah biaya investasi (atau biaya yang harus dibayar pelanggan).

Penggunaan untuk backhaul hotspot, seluler atau LAN perusahaan adalah aplikasi WiMAX *fixed* berikutnya. Hal yang perlu dicermati selain aspek biaya adalah aspek kapasitas, meskipun aspek kapasitas ini untuk penggunaan di Indonesia akan cukup memadai untuk beberapa tahun mendatang.

WiMAX memiliki pilihan spektrum pada 2.3, 2.4, 2.5, 3.5, 5.8 dan mungkin 0.7 GHz, meskipun para vendor lebih banyak memproduksi peralatan 3.5 GHz saat ini. Yang jelas, di Indonesia frekuensi ini masih dipakai untuk penggunaan lain (termasuk 2.4 dan 5.8 GHz untuk Wi-Fi tanpa lisensi). Menggunakan spektrum tanpa lisensi tentu saja mudah dan murah, asalkan vendor WiMAX sudah membuat perangkatnya. Tetapi masalah interferensi, kompetisi, dan terbatasnya daya pancar dapat menjadi sandungan terhadap jaminan kualitas layanan. Penggunaan

spektrum berbayar akan meniadakan sandungan-sandungan ini, dengan konsekuensi investasi yang lebih mahal. Spektrum di atas 2.5 GHz juga akan menyulitkan operasional WiMAX *mobile*. Penggunaan spektrum 700 MHz sangat menjanjikan, tetapi para vendor WiMAX masih banyak yang mengkhawatirkan ketersediaannya di banyak negara, sehingga belum menjadi fokus utama untuk beberapa tahun ke depan.

#### 4.4. Analisis Perbandingan dengan Teknologi 3G

Penggunaan frekuensi yang lebih tinggi mendapat redaman yang lebih tinggi pula, kasarnya berbanding lurus dalam satuan dB. Artinya, sebuah cakupan base station yang beroperasi pada frekuensi 900 MHz akan dicakup oleh empat base station dengan frekuensi 1800 MHz, dan lebih banyak lagi pada frekuensi 2400-an, bahkan 5800 MHz. Oleh karena itu, dibanding teknologi 3G (UMTS/TDD/HSDPA/cdma2000-EVDO) yang beroperasi pada 2 GHz, WiMAX akan memerlukan lebih banyak base station untuk cakupan yang sama. Artinya, meskipun biaya per base station lebih murah, tetapi jumlahnya perlu lebih banyak.

Untuk bersaing secara adil dengan teknologi 3G yang sekarang sudah mulai digelar di lebih dari 60 negara, yang sebagiannya malahan langsung menggelar HSDPA dan EVDO, WiMAX yang sepadan adalah versi *mobile*-nya. Padahal, standard-nya baru diratifikasi akhir 2005, yang berarti masih perlu beberapa tahun lagi untuk sampai pada tahap pemasaran luas.

Berbeda dengan 3G yang menyediakan solusi lengkap dari layer PHY sampai aplikasi, IEEE hanya mendefinisikan layer PHY dan MAC saja. Jadi, masalah *mobility management*, *radio resource management*, *network architecture*, OSS (operation and service support), dan fungsi layer atas lainnya harus dicari solusinya, yang alternatifnya adalah dituntaskan di WiMAX Forum atau mengadopsi solusi pabrikan (*proprietary*).

Saat ini, sudah ada beberapa vendor besar laptop (HP, IBM/Lenovo, Dell, dsb.) sudah membundel 3G data card (UMTS atau EVDO) dalam laptopnya, dan sejumlah vendor lain akan segera mengeluarkan produk dengan kemampuan Wi-Fi dan 3G [5]. Bahkan produk HSDPA PC Card sudah mulai beredar di pasaran dan beroperasi di sejumlah negara Eropa, sementara di Amerika masih percobaan. Salah satu faktornya adalah karena jaringan 3G sudah beroperasi. Sementara itu, diperlukan beberapa tahun lagi untuk WiMAX untuk berada di kondisi ini. Padahal, lahan *interface* frekuensi radio yang tersedia di laptop sangat terbatas, jadi vendor perlu memilih: WiMAX atau 3G. Petinggi Vodafone, yang juga

memiliki anak perusahaan yang mengoperasikan pre-WiMAX, menyatakan jika harus menunggu tiga tahun lagi, artinya bisnis WiMAX sudah tidak menarik lagi.

Dari sisi laju data dan/atau efisiensi spektrum, Ericsson baru saja mendemonstrasikan HSDPA pada 30Mbps, dengan spektrum 2x5MHz, sebuah angka yang membuatnya setara dengan efisiensi WiMAX, dengan tambahan bahwa HSDPA sudah mulai beroperasi dengan dukungan full-mobility dan seamless handover, serta dukungan arsitektur lengkap 3G.

Selain perebutan pangsa pasar dengan 3G FDD, WiMAX juga harus berebut pasar dengan TDD. Solusi UMTS/TDD dari IPWireless [5] juga memberikan alternatif nirkabel yang mirip dengan WiMAX, dan beberapa operator, termasuk T-Mobile, sudah mengoperasikan solusi ini sejak beberapa bulan lalu. Di samping itu, Wi-Fi Alliance tidak tinggal diam. Mereka menyiapkan versi peningkatan kemampuan teknologi Wi-Fi saat ini dari segi laju data (Pokja n), quality of service (QoS) (Pokja e), dan keamanan (Pokja i), sehingga dalam beberapa tahun yang akan datang, kemampuan Wi-Fi akan mendekati kemampuan WiMAX, dengan harga investasi yang lebih murah.

Tantangan lain, meskipun saat ini masih belum signifikan, datang dari IEEE 802.20 yang dipromosikan oleh kelompok MobileFi, yang sangat mirip WiMAX 16e, tetapi juga tidak kompatibel.

## 5. KESIMPULAN

Teknologi WiMAX sangat potensial pemanfaatan dan peluangnya di Indonesia, tetapi ada beberapa hal yang perlu diperhatikan agar potensi ini benar-benar menjadi kenyataan yang menguntungkan sebanyak mungkin pihak. Salah satu kesimpulan kasar adalah bahwa WiMAX di Indonesia lebih cocok untuk mengisi kelangkaan akses Internet, bersama-sama dengan 3G dan jaringan kabel.

## 6. REFERENSI

- [1] Option Company, "Broadband wireless data solutions", Desember 2005.
- [2] Michael W. Thelander, *WiMAX Opportunities and Challenges in a Wireless World*, Signals Research Group, CDG, Juli 2005.
- [3] Klaus-D. Kohrt, *Broadband Wireless Access—Converging Fixed and Mobile Networks*, Siemens Communications, 2005.
- [4] Peter Rysavy, *Data Capabilities: GPRS to HSDPA and beyond*, Rysavy Research, 2005.

- [5] WiMAX Watch, Vol.2, Issue 5, Sept. 2005.
- [6] D-Link, <http://www.d-link.com>, bagian produk Wi-Fi, 2006.
- [7] Belkin, <http://www.belkin.com>, bagian produk Wi-Fi, 2006.
- [8] Yusep Rosmansyah, Yoanes Bandung, Armein Langi, "ITB's Rural NGN Testbed", Proc, AUN-SEED Net's Electronics and Communication Fieldwise Seminar, Manila, 2004.
- [9] Ericsson, <http://www.ericsson.com>, 2006.