

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN PRODUCTIVA

LIBRO BLANCO DE LA PROSPECTIVA TIC

Proyecto 2020



Ministerio de
Ciencia, Tecnología
e Innovación Productiva
Presidencia de la Nación



Secretaría de
Planeamiento y Políticas
Ministerio de Ciencia, Tecnología
e Innovación Productiva

República Argentina
15 de julio de 2009

Autoridades

PRESIDENTA DE LA NACIÓN
Cristina Fernández de Kirchner

MINISTRO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA
Lino Barañao

SECRETARIA DE PLANEAMIENTO Y POLÍTICAS
EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA
Ruth Ladenheim

SUBSECRETARIO DE ESTUDIOS Y PROSPECTIVA
Guillermo Venturuzzi

DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTUDIOS
Antonio Arciénaga

Libro blanco de la prospectiva tic : proyecto 2020. - 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2009.
368 p. ; 23x16 cm.

ISBN 978-987-1632-00-8

1. Tecnología de Información y Comunicación.
CDD 003.5

Fecha de catalogación: 12/08/2009

Responsables de la elaboración del Libro Blanco de la Prospectiva TIC Proyecto 2020

EQUIPO TÉCNICO DEL MINISTERIO DE CIENCIA
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA

Coordinadora general

Alicia Recalde

Coordinadores técnicos

Manuel Marí

Ricardo Carri

Asistentes técnicas

María Paula Stivaletta

Patricio Carri

COORDINADORES

5

Gabriel Baum, Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
Alejandro Artopoulos, Universidad de San Andrés (UDESA)

CONSULTORES

Carolina Aguerre, Universidad de San Andrés (UDESA)
Ignacio Albornoz, Consultor Universidad Nacional General Sarmiento (UNGS)
Verónica Robert, Universidad Nacional General Sarmiento (UNGS)

Colaboraron

Abulafia Axel, Globant

Acosta Nelson, Grupo Inca/Intia, Facultad de Ciencias Exactas (UNCPB)

Agamennoni Osvaldo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

Albano Daniel, Instituto Nacional de la Formación Docente, Ministerio de Educación de la Nación

Alfie Celia, LatIPnet

Altszul Jonatan, Aconcaguaventures

Anesini Alberto, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)

Arancibia Juan Carlos, Centro de Electrónica e Informática (INTI)

Barbaglia Cesar, Fundación PROYDESA

Barragán Gustavo, Centro de Estudios e Investigaciones Laborales - Programa de Investigaciones Económicas sobre Tecnología, Trabajo y Empleo (CEIL PIETTE), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Cámara de Electrónica e Informática del Litoral

Becerra Martín, Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)

Boria Jorge, Liveware

Bosch Marcelo, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Braberman Victor, Universidad de Buenos Aires (UBA)

Campo Marcelo, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN)

Cayssials Ricardo, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras (UNS)

Ceria Santiago, Hexacta

Cousseau Juan, Universidad Nacional del Sur (UNS), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Dmitruk Andrés E. , Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (UNLaM)

Dvorkin Eduardo N., SimTek

Fernández Alejandro, Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Fischer Maximiliano, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

Galarza Cecilia, Universidad de Buenos Aires (UBA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Greco Manuel, XOLSA

Grobocopatel Gustavo, Los Grobo

Hueda Mario, Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Jacovskis Pablo, Universidad de Buenos Aires (UBA)
Jaffrot Emmanuel, Universidad Nacional de San Martín (UNSM)
Jalón Osvaldo, Centro de Electrónica e Informática (INTI)
Kozák Débora, Instituto Nacional de la Formación Docente, Ministerio de Educación de la Nación
Lancioni Walter, Universidad Católica de Córdoba (UCC)
Losiggio Daniela, Globant
Luppi Daniel, Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN), Centro de Electrónica e Informática (INTI)
Mandolesi Pablo, Universidad Nacional del Sur (UNS)
Mastrini Guillermo, Universidad de Buenos Aires (UBA)
Michelis Pablo, Microsoft
Milocco Rubén, Universidad Nacional del Comahue, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Monreal Gerardo, Allegro Microsistemas
Monteverde Héctor, Instituto Nacional de Educación Tecnológica (INET), Ministerio de Educación de la Nación
Moresco Mauricio, Fund. Trazar
Muravchik Carlos, Laboratorio de Electrónica Industrial, Control e Instrumentación (LEICI), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
Nemirovsky Adolfo, Encuentro de Cooperación Diáspora Argentina (Ecodar)
Oliva Alejandro, Universidad Nacional del Sur (UNS)
Orozco Javier, Universidad Nacional del Sur (UNS), Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras (UNS)
Pallotti Carlos, Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina (CESSI)
Pataro Graciela, Universidad de Buenos Aires (UBA)
Patiño Daniel, Facultad de Ingeniería (UNSJ)
Pedro Julián, Universidad Nacional del Sur (UNS)
Pérez Alfredo, Instituto Nacional de Educación Tecnológica (INET), Ministerio de Educación de la Nación
Pérez Puletti Ángel, Baufest
Petrashin Pablo, Universidad Católica de Córdoba (UCC)
Prince Alejandro, Cooke & Prince
Racca Fernando, Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina (CESSI)
Romaniz Susana, Fundación Trazar
Sabelli Nora, Center for Technology in Learning (CTL), Stanford Research Institute (SRI), EEUU
Scolnik Hugo, Universidad de Buenos Aires (UBA)
Spositto Osvaldo, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (UNLaM)

Tascon Fernando, Asesor de Estados Nacional y Provinciales en Educación y Tecnología

Toledo Luis, Universidad Católica de Córdoba (UCC)

Uchitel Sebastian, Universidad de Buenos Aires (UBA)

Umaran Martín, Globant

Wachenchauzer Rosa, Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT), Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica

Wainer Darío, Encuentro de Cooperación Diáspora Argentina (Ecodar)

Yankelevich Daniel, Pragma

... y más de 150 participantes del foro general...

ÍNDICE

PRÓLOGO	17
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO 1. RESUMEN EJECUTIVO	21
CAPÍTULO 2. MÉTODO PROSPECTIVO	25
2.1. Objetivos.....	28
2.1.1. Estructura del programa.....	28
CAPÍTULO 3. TENDENCIAS GENERALES	33
3.1. Introducción	33
3.2. Una Perspectiva de la Prospectiva	35
3.3. Hacia donde va el mundo	49
a) Un factor de éxito crucial: Fuerza de trabajo competente.....	51
b) Dominar el proceso de innovación.....	52
c) Desarrollar nuevos servicios y exportar.....	53
d) Aprender a aprehender y aplicar el conocimiento global.....	54
3.4. Hacia donde va Latinoamérica	55
3.4.1 TIC en el contexto productivo.....	56
3.4.2. Producción de TIC en Latinoamérica	58
3.4.3. Conclusiones sobre Latinoamérica.....	59
3.5. TIC en Argentina	60
3.5.1. El Sector SSI.....	62
3.5.2. Perspectivas en Argentina.....	65
3.5.3. Una Visión Panorámica de la tecnología hacia el futuro.....	66
CAPÍTULO 4. ÁREAS DE APLICACIÓN	77
4.1. TIC en la industria.....	77
4.1.1. Introducción	77
4.1.2. Focos tecnológicos a corto y mediano plazo.....	80
a) Sistemas Electrónicos de Gestión y Operación Técnico Industriales (SEGOTI).....	80
b) Mecánica computacional	81
c) Robótica.....	83
d) Optoelectrónica	84
4.1.3. Mercado Global.....	85
a) El mercado global de los SEGOTI: La demanda actual y futura a nivel internacional ...	85

b) Mecánica computacional: agenda de investigación prospectiva y mercado global.....	87
c) Mercado Global de la robótica.....	89
d) El Mercado Mundial de la Industria Optoelectrónica.....	97
4.1.4. Prospectiva de TIC Industriales en Argentina:	
Focos Tecnológicos y Áreas de Aplicación	102
a) TIC Industriales (SEGOTI) en Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones.....	103
b) Situación de la Mecánica Computacional en Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones.....	111
c) Robótica en Argentina, capacidades locales, prospectiva y recomendaciones	113
d) La optoelectrónica en la Argentina: capacidades locales, prospectiva y recomendaciones.....	118
4.2. AgroTIC.....	121
4.2.1. Definición de AgroTIC.....	123
a) Sistemas Informáticos	124
b) Dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones	125
c) Combinaciones hard-soft de los elementos anteriores.....	125
4.2.2. Justificación de una política de promoción	128
4.2.3. Mercado local y externo	131
a) Mercado Local	131
b) Mercado Global	136
4.2.4. Mercado local y externo	137
4.2.5. Segmentos de aplicación y desarrollo tecnológico a corto y mediano plazo.....	141
4.2.6. Segmentos de aplicación y desarrollo tecnológico a largo plazo:.....	142
4.2.7. Capacidades locales actuales.....	143
4.2.8. Actores clave. Coordinación institucional	143
a) Paraguas Institucional (Nacional).....	143
b) Implementación	144
4.2.9. Socios internacionales	144
4.2.10. Objetivos de corto/mediano plazo	144
4.2.11. Factibilidad de alcanzar los objetivos.....	145
4.2.12. Medidas concretas	146
4.3. Servicios IT	149
4.3.1. Sobre la industria del outsourcing offshore de servicios IT	149
4.3.2. Estructura de la Industria.....	151
4.3.3. Focos tecnológicos Mediano/Largo Plazo	152
4.3.4. Foco tecnológico largo plazo.....	153
4.3.5. Mercado local.....	153
4.3.6. Mercado Global	154
4.3.7. Capacidades locales actuales	154
4.3.8. Actores clave de referencia para el área.....	156

4.3.9. Objetivos en el corto mediano plazo	157
4.3.10. Factibilidad de alcanzar los objetivos de acuerdo a los tres escenarios	157
4.3.11. Oportunidades y amenazas	157
4.3.12. Medidas concretas 2008 a 2011	158
4.4. Contenidos Digitales	159
4.4.1. Descripción del área.....	159
4.4.2. Sobre la industria de los contenidos digitales.....	159
4.4.3. Mercado Local: empresas orientadas a la exportación	160
a) Gestión de contenidos. El caso Novamens.....	161
b) E-learning: caso Tecnonexo	161
c) Redes sociales en Internet	163
4.4.4. Mercado global: tendencias	165
a) Multimedia.....	165
b) Tendencias globales de los contenidos digitales.....	166
4.4.5. Recomendaciones y lineamientos de políticas para el Estado.....	168
a) Educación	169
b) Infraestructura y acceso.....	169
c) Salud.....	169
d) Gestión pública.....	169
e) Sector productivo	170
4.5. Seguridad.....	170

CAPÍTULO 5. TECNOLOGÍAS 181

5.1. Ingeniería de Software.....	181
5.1.1. Prospectiva en Ingeniería de Software	181
5.1.2. Recomendaciones	185
5.1.3. Prospectiva I+D en Ingeniería de Software.....	188
5.2. Señales.....	198
5.2.1. Áreas tecnológicas de interés	198
5.2.2. Procesamiento de Señales para sistemas de comunicaciones futuros .	199
5.2.3. Beneficios de las comunicaciones móviles de banda ancha.....	202
5.2.4. Para el análisis FODA de Prospectiva	212
5.3. Tecnología de Imágenes	214
5.3.1. Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años).....	215
a) Imágenes médicas	215
b) Percepción y sentido remoto	216
a) c) Juegos, industria del entretenimiento	216
d) Visión Industrial.....	217
e) Visualización científica.....	217
f) Monitoreo y sistemas de seguridad.....	217

g) Procesamiento de imágenes y video digital	218
h) Sistemas de información geográfica.....	218
i) Monitoreo ambiental.....	219
j) Visión robótica	219
k) Modelado y simulación	220
5.3.2. Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años).....	220
5.3.3. Mercado Local [tendencias de demanda en el mercado local].....	221
5.3.4. Mercado Global [tendencias de demanda en el mercado global].....	222
5.3.5. Capacidades locales actuales (científicas, técnicas, empresarias	222
a) Gubernamentales	222
b) Investigación	222
c) Docencia.....	223
d) Sector público.....	223
e) Sector Productivo	223
5.3.6. Actores clave	224
a) Sector Público	224
b) Sector Productivo	224
c) Sector Académico.....	224
d) Otros actores sociales.....	224
e) Socios locales e internacionales	224
5.3.7. Objetivos en el corto/mediano plazo	224
5.3.8. Acciones recomendadas	225
5.3.9. Plataformas tecnológicas de alto impacto productivo a promover en las ciencias y tecnologías de las imágenes	227
a) Descripción breve de las plataformas tecnológicas.....	227
b) Descripción de las áreas de aplicación.....	229
5.4. Software Embebido	232
5.4.1. El software y los sistemas embebidos (empotrados o insertados)	232
5.4.2. Focos tecnológicos a corto y mediano plazo.....	235
5.4.3. Mercado global.....	236
5.4.4. El mercado local.....	237
5.4.5. Capacidades locales	239
5.4.6. Actores claves.....	240
5.4.7. Objetivos en el corto y mediano plazo	240
5.4.8. Factibilidad de alcanzar los objetivos	244
5.4.9. Medidas concretas.....	244
5.5. Micro y Nanoelectrónica	245
5.5.1. Breve descripción	245
5.5.2. Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años).....	246
5.5.3. Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años).....	246
5.5.4. Mercado Local.....	246

5.5.5. Mercado Global.....	247
5.5.6. Capacidades locales actuales.....	247
5.5.7. Actores clave	249
5.5.8. Socios locales e internacionales.....	249
5.5.9. Objetivos en el corto/mediano plazo	250
5.5.10. Objetivos en el largo plazo (desarrollo de líneas y equipos de I+D, desarrollo empresario y comercial, desarrollo de recursos humanos) ...	251
5.5.11. Factibilidad de alcanzar los objetivos	252
5.5.12. ¿Por qué Argentina debería invertir recursos en esta área?.....	253
5.5.13. Medidas concretas	253

CAPÍTULO 6. ÁREAS TRANSVERSALES.....255

6.1. Educación y capital humano	255
6.1.1. Objetivos	256
a) Antecedentes	257
b) Guía de lectura	258
6.1.2. Mercado de trabajo y TIC.....	258
a) Demanda de capital humano: El sector TIC	259
b) Oferta de capital humano.....	271
c) Escenarios posibles.....	272
6.1.3. Formación del capital humano TIC	275
a) Capacidades de formación para el trabajo TIC.....	275
b) Las capacidades de formación básica TIC.....	282
c) Actores Clave.....	286
6.1.4. Capítulo 4. Acciones Propuestas	287
a) Integración de TIC en la Educación.....	287
b) Formación para el trabajo con TIC.....	287
c) Formación para el trabajo en TIC	288
6.1.5. Documentos Base y Bibliografía	289
6.1.6. Agradecimientos	292
6.1.7. Equipo de trabajo.....	292
6.2. Innovación	293
a) Breve descripción del grupo	293
b) Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años)	294
c) Mercado Local vs. Mercado global	295
d) Capacidades locales actuales	295
e) Actores clave	296
f) Socios locales e internacionales	296
g) Objetivos en el largo plazo	297
h) Factibilidad de alcanzar los objetivos	297
i) Ingeniería social	299

6.2.2. Estrategia Innovación: Value Shore – Value Soft	300
a) Estado de la Situación en General	300
b) Fortalezas y debilidades de la industria (y modelo) Argentino.....	302
c) Áreas estratégicas o prioritarias.....	303
d) Análisis de Argentina de cara a la competitividad mundial	304
e) consideraciones finales.....	309
6.3. Diáspora	311
a) Descripción del Grupo.....	311
b) Focos tecnológicos corto/mediano plazo (< 10 años)	312
c) Focos tecnológicos largo plazo (> 10 años)	312
d) Mercado local	312
e) Mercado global	312
f) Capacidades locales actuales	312
g) Actores clave	314
h) Socios locales e internacionales	314
i) Objetivos en el corto/mediano plazo	315
j) Objetivos en el largo plazo.....	315
k) Factibilidad de alcanzar los objetivos	316
l)¿Por qué Argentina debería invertir recursos en esta área?	316
n) Ingeniería Social.....	318

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES DE ACCIÓN..... 321

7.1. TIC en la Industria.....	321
7.1.1. Areas críticas	321
7.1.2. Focos tecnológicos	322
7.2. AgroTIC	322
7.2.1. Áreas críticas	323
7.2.2. Focos tecnológicos	325
7.3. Servicios IT	326
7.3.1. Áreas críticas	326
7.3.3. Focos tecnológicos	326
7.4. Contenidos Digitales.....	327
7.4.1. Áreas críticas	327
7.4.2. Focos tecnológicos	328
7.5. Seguridad.....	328
7.5.1. Áreas críticas/Focos tecnológicos.....	328
7.6. Ingeniería de Software.....	329
7.6.1. Areas críticas	329
7.7. Señales.....	332
7.7.1. Áreas críticas	332
7.7.2. Focos tecnológicos	333

7.8. Imágenes.....	333
7.8.1. Áreas críticas	333
7.8.2. Focos tecnológicos	334
a) Descripción de las áreas de aplicación.....	336
7.9. Software Embebido	338
7.9.1. Áreas críticas	338
7.10. Micro y Nanoelectrónica	338
7.10.1. Áreas críticas.....	338
7.10.2. Focos tecnológicos.....	339
7.11. Educación y Capital Humano.....	339
7.11.1. Áreas críticas.....	339
a) Formación para el trabajo con TIC.....	340
b) Formación para el trabajo en TIC.....	340
7.12. Innovación	341
7.12.1. Áreas críticas.....	341
7.13. Diáspora	342
7.13.1. Áreas críticas.....	342
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES	345
ANEXOS	349
A.1. eHealth: Un cambio de paradigma necesario.....	349
A.1.1. ¿Qué es e-Health?.....	349
A.1.2. La necesidad de cambiar el sistema de salud.....	350
A.1.3. Orientaciones generales de los servicios de eHealth	350
para el futuro	350
A.1.4. La Agenda de Investigación y Desarrollo en eHealth.....	351
A.1.5. Prevención y tratamiento de enfermedades.....	353
A.1.6. Control de Riesgos de Salud	354
A.1.7. Infraestructura para investigación biomédica	354
A.2. Educación y Aprendizaje: Aprender en la Sociedad	355
del Conocimiento	355
A.2.1. Los objetivos de aprender	355
A.2.2. Tendencias y desafíos para el aprendizaje en la sociedad	356
del conocimiento.....	356
A.2.3. Las TIC y el aprendizaje.....	358
A.2.4. La agenda de investigación y desarrollo.....	359
A.2.5. Cambio Social, Educación y TIC	360
A.2.6. Las TIC y la educación en Argentina	360
A.3. Gobierno Electrónico	362

A.3.1. Breve descripción del grupo	362
A.3.2. Elementos para un escenario futuro	364
A.3.3. Lineamientos estratégicos en Gobierno Electrónico	366
A.3.4. Focos tecnológicos de aplicación	367

Prólogo

La innovación asociada a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) no puede ser reducida a la esfera de lo económico, ya que tienen un carácter central no sólo en la mutación hacia una economía digital sino también gravitante en la construcción de lo que se ha dado en llamar la sociedad del conocimiento. Ciertamente la velocidad y el calado de los cambios de las TIC, y de aquellos inducidos en campos muy diversos, se dan a una velocidad tal que ha puesto en tensión a los mejores diseños de políticas.

Para poder paliar en buena parte estas dificultades, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, siguiendo el mandato recibido de la Sra. Presidenta Cristina Fernández, puso en marcha un proceso abierto y democrático de consulta a los diferentes actores del sector de forma tal de poder identificar escenarios posibles y deseables en el desarrollo de las TIC y de sus innovaciones concomitantes. Estos escenarios resultantes son nuestra base para el diseño y la generación de instrumentos y políticas conducentes a su concreción.

El Libro Blanco que aquí se presenta no es más que el fruto fecundo de las propuestas recogidas por medio de las propias TIC. También representa un modo propio y original de búsqueda de un modelo de desarrollo del sector, asociado a las contribuciones que la evolución de la ciencia y la tecnología pueden aportar. Es ya una plataforma fundamental para el diseño y la implementación de las nuevas herramientas de este Ministerio, como el Fondo Sectorial para el Desarrollo de las TIC. Sin un modelo propio, aunque abierto a lo universal, difícilmente podamos generar políticas e instrumentos que promuevan un uso original e innovador o generar productos diferenciados basados en estas tecnologías que consideramos esenciales para el crecimiento económico y social.

Para avanzar en esta dirección más integrada, y no quedarnos en la negación de nuestra realidad o en la mera crítica a la misma, Argentina tiene que resolver con fórmula propia algunos de sus desafíos específicos. Sin un desarrollo de las tecnologías de la información, no es posible hoy el sueño de una Argentina grande, inclusiva, con una cultura con una fuerte cosmovisión propia, con una identidad arraigada en nuestros valores fundantes, desde las cuales podamos construir y dar sustento a nuestro lugar en el mundo.

Dr. Lino Barañao
Ministro de Ciencia, Tecnología
e Innovación Productiva

Introducción

El Libro Blanco de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) es el resultado de un esfuerzo colectivo de la comunidad de tecnólogos, científicos y empresarios de Argentina en esta área estratégica para el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, dirigido a definir el futuro de la misma y las oportunidades que presenta para el país. El trabajo, que se centra principalmente en el software y los servicios informáticos, fue realizado a través de un Foro Virtual organizado por el Ministerio desde su creación, a fines de 2007. En él han participado más de 200 personas, actores relevantes de la industria, el gobierno y la academia. A raíz de las primeras discusiones del Foro Virtual, durante 2008 se organizaron 19 grupos de trabajo para discutir los aspectos principales de la problemática de las TIC. En particular, se trató de identificar las tecnologías y las áreas de aplicación y de negocios que deberían impulsarse prioritariamente en la Argentina en los próximos años. Cada uno de los grupos produjo un documento, que fue discutido por el resto de los participantes en el Foro. El libro que aquí se presenta es resultado de la integración de este esfuerzo.

En el Libro Blanco se analizan las perspectivas de desarrollo de estas tecnologías en una serie de áreas, divididas en tres niveles: las áreas tecnológicas o de tecnologías básicas, las áreas de aplicación principales y las que se denominan áreas transversales. Las áreas tecnológicas son: Ingeniería de Software, Señales, Tecnologías de las Imágenes, Software Embebido, Micro y Nanoelectrónica. Las áreas de aplicación relevadas son: Industria, Agro, Servicios, Contenidos y Seguridad. Finalmente las áreas transversales: Educación y Capital Humano, Innovación e I+D y Diáspora.

19

Después del Resumen Ejecutivo (cap. 1) y el capítulo metodológico sobre el enfoque prospectivo (cap. 2), se presenta en el capítulo 3 una visión de las tendencias generales en el desarrollo del futuro de las TIC en el mundo y en Argentina. Los tres siguientes capítulos están dedicados a las áreas de aplicación (cap. 4), las tecnológicas (cap. 5) y finalmente las transversales (cap. 6).

En las áreas de aplicación se pone énfasis en el análisis de los mercados y las tendencias tecnológicas a futuro (focos tecnológicos). En el caso de la industria, se analizan las tecnologías de gestión (SEGOTI), la mecánica computacional, la robótica y la optoelectrónica. En la aplicación al agro, las llamadas Agro-TIC, se analizan los sistemas informáticos, los dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones y las combinaciones hard-soft de los elementos anteriores. En el caso de Servicios de IT se presentan las tres variables que hacen atractiva a la Argentina como país destino de la creciente tendencia mundial enfocada hacia el “outsourcing-offshoring”; ellas son: las capacidades de los proveedores, el costo y la comunicación. El dominio de la tecnología “open-source” o de software libre, se arguye que es también una fortaleza a explotar por el país.

En el caso de las áreas tecnológicas se presentó la situación de cada disciplina, los actores clave y las capacidades del país para su desarrollo. En la sección de la Ingeniería de Software, fundamental para el desarrollo de la industria del software y de las TIC en general, se analiza las áreas que se perfilan como oportunidades para la Investigación y Desarrollo. También se pone gran énfasis en las oportunidades que presentan la producción y exportación de contenidos digitales.

Por último, las áreas transversales fueron analizadas como proveedoras de soluciones para las aplicaciones y las tecnologías. En el caso de la Educación y los Recursos Humanos, se analiza la situación y tendencias del mercado de trabajo para las TIC, la formación de recursos humanos, en cuanto a la formación básica y media y la formación para el trabajo. En la sección de Innovación, se analizan los factores que pueden favorecer el incremento del valor agregado en la industria del software y servicios informáticos, y se trata de definir estrategias para el desempeño del país en su conjunto en este área. En la sección dedicada a la Diáspora, se analiza cómo un proceso de fuga de cerebros puede convertirse en una ganancia para el país, utilizando la capacidad de los expertos argentinos en el exterior para orientar la formación de los recursos humanos y para mejorar el perfil de especialización productiva del país.

20

El Libro Blanco concluye con un capítulo sobre Recomendaciones de Acción y otro de Conclusiones. En las Recomendaciones se pone el acento en las áreas críticas y los focos tecnológicos a priorizar, para cada una de las áreas estudiadas. En las conclusiones, se postula que el desafío principal para el futuro de las TIC y de la Sociedad del Conocimiento en Argentina es lograr cambiar el modelo de Investigación, Desarrollo e Innovación. Esta transformación podría resumirse como el pasaje del paradigma lineal de investigación y desarrollo al no lineal de generación y puesta en valor del conocimiento y la I+D, mediante el fortalecimiento de la interacción entre los actores del Sistema Nacional de Innovación.

Dra. Ruth Ladenheim

Secretaria de Planeamiento y Políticas en Ciencia,
Tecnología e Innovación Productiva

5.2. Señales⁴⁹

5.2.1. Áreas tecnológicas de interés

Telecomunicaciones:

- Acceso de banda ancha fijo y móvil y celular (DSL, cable, Wifi, Wimax, BPL, etc) (Wifi, Wimax, etc) (GSM de largo alcance, B3G, LTE, etc)
- Redes autónomas de sensores (manejo de tráfico, optimización de algoritmos de procesamiento en función del tráfico permitido, del consumo de energía, etc)
- Ecuilibración, rechazo de interferencias, sistemas de transmisión multi-usuario, detección y multi-muestreo
- Enlaces ópticos y optoelectrónica
- Enlaces satelitales – GPS
- Radar – sonar

Otras:

- Procesamiento (compresión) de voz e imagen
- Cancelación de eco acústico
- Bioingeniería (desarrollo de sensores y procesamiento)
- Spectrum Sharing – Cognitive radios – software defined radio

49 Dr. Carlos Muravchik, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Investigador Superior CIC.

Laboratorio asociado: Laboratorio de Electrónica Industrial, Control e Instrumentación (LEICI), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Capacidades: Procesamiento estadístico de señales y arreglos de sensores. Aplicación en comunicaciones, GPS, radar, biomedicina y control de procesos. Implementación en RF y digital.

Dr. Rubén Milocco, Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Investigador Independiente CONICET

Laboratorio Asociado: Grupo de Control Automático y sistemas. Capacidades: Filtrado estocástico y detección en sistemas de comunicaciones digitales.

Dr. Juan Cousseau, Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Investigador Independiente CONICET.

Laboratorio asociado: Laboratorio de Procesamiento de Señales y Comunicaciones, Instituto de Investigaciones en Ing. Eléctrica (CONICET). Capacidades: Diseño en RF, DSP y FPGA

Dr. Mario Hueda, Profesor Adjunto, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Investigador Asistente CONICET.

Laboratorio asociado: Laboratorio de Comunicaciones Digitales (LCD). Capacidades: Procesamiento de señales para comunicaciones. Diseño e implementación de sistemas de comunicaciones digitales de alta velocidad (DSP, FPGA)

Dra. Cecilia Galarza, Profesor Adjunto, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. Investigador Adjunto CONICET.

Laboratorio asociado: Grupo de Procesamiento de Señales, Departamento de Electrónica Capacidades: Diseño de algoritmos para comunicaciones multiusuario

Dr. Emmanuel Jaffrot, Profesor, Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de San Martín. Laboratorio asociado:

Capacidades: Comunicaciones digitales, procesamiento estadístico de la señal, modelación del canal de propagación, sistemas inalámbricos y de banda ancha.

Objetivos: (asociados a las áreas tecnológicas de interés):

En la última década del siglo XX, las telecomunicaciones protagonizaron un gran avance a nivel mundial, haciendo real el concepto de “mundo globalizado” que conocemos hoy. El avance tecnológico a nivel mundial se realizó en base al esfuerzo cooperativo, o sinergia, entre investigadores tecnológicos, desarrolladores de productos, y usuarios. Por diversas razones históricas, en nuestro país no se incentivó este proceso de innovación y desarrollo tecnológico. Como resultado, en la actualidad no se cuenta con planes de fortalecimiento del área en ningún concepto, educación, entrenamiento, industria.

En la Argentina actual, el ámbito industrial concentra sus actividades alrededor del suministro de equipamientos importados y del mantenimiento de los mismos. Existe poca transferencia tecnológica para la creación de soluciones originales e innovadoras. Estructurar la investigación académica en el área de las telecomunicaciones representa el primer paso para construir la innovación industrial en este mismo ámbito.

Una lista de objetivos urgentes a un plazo mediano son las siguientes:

- Desarrollar una fuerza de trabajo educada y competente (Educación, capacitación, entrenamiento, acceso a la tecnología)
- Dominar el proceso de innovación (Investigación básica y producción de PhDs, investigación aplicada, desarrollo de polos y clusters tecnológicos)
- Desarrollar nuevos servicios y productos para el mercado global
- Generar una masa crítica de profesionales capaces de fomentar el desarrollo de la industria local de las telecomunicaciones a través de sus desarrollos innovadores
- Desarrollar el acceso a conectividad (telefonía e infraestructura)
- Participación abierta e institucional en los procesos de estandarización de servicios.
- Estimular, facilitar y gestionar los medios necesarios para el intercambio con grupos de trabajo a nivel internacional.
- Desarrollar una política “agresiva” de publicación académica al nivel internacional
- Incentivar la producción de patentes nacionales e internacionales.

199

5.2.2. Procesamiento de Señales para sistemas de comunicaciones futuros

Síntesis

A continuación se discutirán varios aspectos relacionados con la enorme actividad prevista, fundamentalmente para la próxima década, en tecnologías de comunicaciones móviles inalámbricas, por un lado y sistemas de comunicacio-

nes de alta velocidad por fibra óptica. Éstas resultan ser campos de aplicación sumamente vastos para el área de Procesamiento de Señales. A partir de una motivación breve del tipo de servicios y/o aplicaciones que es posible tener en cuenta, se presenta una discusión más amplia de las ventajas y beneficios de las nuevas tecnologías. Una de las claves para hacer uso de esos beneficios será la adecuada integración de espectro, servicios y estándares. Luego se discutirán algunos requerimientos básicos, lo que impone notables desafíos para resolver. Justamente, un análisis más específico de las temáticas asociadas a esos desafíos es otro de los aspectos discutidos. Finalmente, se incluyen algunas conclusiones obtenidas a partir del análisis realizado.

Motivación

Algunos ejemplos tecnológicos que requieren procesamiento de señales para su realización son:

- Redes de sensores para el control de invernáculos, para el control individual de la producción forestal, seguimiento de animales, etc.
- Acceso a internet móvil para todos los estudiantes de una clase simultáneamente,
- Medición de la temperatura, control de iluminación, y cámaras web de monitoreo en todas las habitaciones de una casa, sin necesidad de cables en ningún caso,
- Mantener la localización (ubicación) de pertenencias, libros y/o mascotas. O un auxilio en zona de desastres,
- Automóviles formando una red, que además dispongan de alertas en situaciones de riesgo (niebla, accidentes, etc.) o que reciban mensajes de orientación (ej.: intersecciones peligrosas, velocidades límite, etc.),
- Sistemas de sensores y comunicaciones multiusuarios utilizando baja potencia con enlaces múltiples de mínima distancia,
- Sistemas inalámbricos para reemplazar cualquier tipo de cableado en ámbitos laborales y domésticos.

200

Éstas, y otras, son algunas de las promesas de “redes inalámbricas y tecnologías de banda ancha –pero también de bandas más angostas– de generaciones futuras”. En ese contexto, es evidente la necesidad no solamente de nuevas especificaciones de infraestructura y servicios, sino también de nuevos algoritmos y metodologías de procesamiento de señales. Algunos de los problemas relacionados con áreas tecnologías centrales que se desea abordar (dentro de un horizonte de 10 años) son:

- “Cocktail party problem”: ¿es posible disponer de un gran número de gente comunicándose simultáneamente entre sí en un ambiente inalámbrico, todos en la misma banda de frecuencias? Esta problemática, lógicamente, no es sólo de interés científico, sino también muy relevante teniendo en cuenta la disponibilidad limitada de espectro licenciado (UMTS, LTE). ¿Cómo pueden recuperarse las señales de los usuarios in-

dividuales; potenciando el tráfico, minimizando la latencia, minimizando la interferencia interusuarios, etc.?

- Infraestructura: ¿qué tipo de procesamiento de señales es necesario para lograr “Internet móvil”, donde dispositivos móviles tal como PDAs (Personal Digital Assistants) actúen como nodos y formen redes de estructura variable? Es importante tener en cuenta que los usuarios deberían poder comenzar a transmitir en cualquier instante, y en consecuencia los paquetes de datos de los varios usuarios se pueden superponer. Si bien este puede ser planteado como un problema de protocolos de comunicación, es sólo incorporando elementos de procesamiento de señales que se obtienen altas tasas de transmisión de datos.
- Nolinealidades en *transceivers*. Este problema, (denominado “dirty RF” en la literatura específica) tiene en cuenta imperfecciones propias del front-end analógico y/o digital (resultante de la simplificación del diseño de dispositivos móviles flexibles y reconfigurables).
- Procesamiento distribuido en una red autónoma: ¿cómo deben comunicarse los distintos componentes de la red? La variable crítica de una red autónoma es la potencia consumida. Los distintos nodos deben comunicarse entre sí en un ambiente ruidoso, sin supervisor, gastando la mínima energía posible.
- Los terminales actuales contienen en general varias normativas (GSM 900, GSM 1800, GSM 1900, Bluetooth, WiFi). La implementación actual consiste en la realización de distintos circuitos digitales en paralelo. El gran desafío de la convergencia es realizar un terminal (software defined radio, cognitive radio) con un sólo circuito que pueda ser compatible con cualquier normativa existente y futura. Según la demanda de servicio del usuario, el terminal bajaría de la red la normativa más adecuada y la implementaría en tiempo real en su procesador reprogramable.

201

Uno de los elementos novedosos, desde la perspectiva tecnológica es el uso de antenas múltiples, tanto en el transmisor como en el receptor. El uso de antenas múltiples permite el uso de mayores “grados de libertad”, de forma que los usuarios pueden transmitir simultáneamente y separarse basándose en sus posiciones específicas. Además, cada antena puede enviar una señal diferente, incrementando la velocidad de transmisión del conjunto. Las antenas múltiples pueden utilizarse también para localizar a un usuario en particular, lo que permitiría nuevos tipos de servicio multimedia.

Otra tecnología que permitirá brindar servicios de localización muy precisa, es la basada en sistemas de banda ultra ancha (UWB), las cuales permiten tener una resolución temporal y espacial muy precisa.

5.2.3. Beneficios de las comunicaciones móviles de banda ancha

La última década permitió ver el desarrollo de dos industrias clave que generaron notable crecimiento en economías desarrolladas: comunicaciones móviles e Internet. Estas dos industrias han brindado beneficios significativos a usuarios, industrias y economías nacionales. Por ejemplo, en un informe de 2006 de la Comunidad Europea, el beneficio neto en la economía de Gran Bretaña debido a comunicaciones móviles públicas fue estimado en €500 per capita. En forma similar, un estudio de Cisco de 2007 estimó que sólo la adopción de soluciones basadas en Internet en EEUU podrían resultar en un crecimiento anual de 0.43%. Además, un estudio reciente de la consultora Deloitte & Touche sugiere que un incremento de la penetración de comunicaciones móviles del 10% resultará en un incremento del PBI del 1.2%. Finalmente, un estudio de la consultora Ovum para la asociación GSM estimó que en 2004 la industria de servicios móviles en la Unión Europea (15 estados) generará una contribución al PBI de €105.6 mil millones, lo que la posiciona como la mayor industria TIC, a la par con las industrias de generación de electricidad, gas y agua combinados. En el mismo estudio se concluyó que esta industria era responsable por 2.8 millones de puestos de trabajo en la Unión Europea (15 países), a través de canales directos e indirectos, y que el trabajador de servicios móviles promedio genera 2,5 veces el PBI que un trabajador promedio. Esto a su vez provee a las administraciones de una entrada de impuestos estimada en €30.8 mil millones con una ganancia gubernamental debido a servicios móviles estimada en €83.9 mil millones. A ningún otro usuario potencial del espectro se le pueden atribuir tales beneficios económicos.

202

Si bien las contribuciones económicas, directas e indirectas, de las comunicaciones móviles e Internet están fuera de cualquier duda, esos logros son sólo el comienzo de una nueva era que promete beneficios adicionales significativos. Esto se debe en parte a que:

- La disponibilidad de comunicaciones móviles e Internet ha estado limitada a áreas urbanas en naciones desarrolladas.
- Los beneficios en esas industrias incluyen aspectos sociales que son difíciles de medir y se vuelven visibles sólo después que los usuarios adaptan sus vidas teniendo en cuenta la posibilidad de comunicarse y utilizarlos diariamente (por ejemplo, a través de un aumento de la seguridad personal resultante de poder contactar servicios de emergencia desde cualquier lugar, en cualquier momento).
- La confluencia y/o interacción de esas industrias está en una etapa inicial, y otorgar movilidad a Internet conducirá a beneficios nuevos que no pueden predecirse con las industrias trabajando por separado.

Evidentemente, la amplia disponibilidad de comunicaciones móviles e Internet para el público general en los mercados emergentes y usuarios en áreas rurales en naciones desarrolladas contribuirá positivamente a mejorar el impacto

de esas industrias. Sin embargo, una mejora adicional es esperable cuando las actividades de estas dos se entrelacen adecuadamente. Tal escenario permitirá innovaciones que impactarán positivamente en otras industrias y podría conducir a beneficios sociales que difícilmente puedan predecirse actualmente. Las políticas gubernamentales en varias áreas posicionan al Estado y al ciudadano como un beneficiario clave, ya que las perspectivas incluyen: desarrollo económico, creación de trabajo, y aumento de iniciativas productivas; mejor acceso a servicios universales como emergencia, educación, financieros o de salud; mejoramiento de seguridad a través de inclusión social, interacción global e interrelación cultural. Finalmente, la amplia disponibilidad de esas tecnologías conducirá a un incremento significativo en el número y diversidad de innovadores, lo cual a su vez conducirá a beneficios adicionales, ya que las oportunidades tecnológicas se democratizarán.

Algunos ejemplos de los beneficios que permitirá la disponibilidad de redes móviles inalámbricas incluyen aplicaciones existentes, tales como navegación o mensajes interactivos en Internet, aplicaciones emergentes como video conferencia portátil o TV móvil, y otras aplicaciones totalmente nuevas. Ejemplos de este último tipo de aplicaciones incluyen la predicción de algunas administraciones para combinar el mundo físico y el virtual, o el diagnóstico médico a distancia según propuesto por varios gobiernos. Como un ejemplo concreto es posible considerar el caso de objetos físicos concretos, tales como edificios o rutas que tienen disponible un punto de acceso de forma que puede obtenerse información adicional de ellos usando un dispositivo móvil y/o una red móvil. Este tipo de información podría incluir información estática, tal como historia de un edificio, o información dinámica, tal como congestión de tráfico. Además, la información podría estar disponible de una forma accesible sin necesidad de impactar en el medio ambiente como es el caso de la impresión de esa información. El tipo y número de aplicaciones que pueden desarrollarse en esta nueva etapa están limitados solamente por la imaginación y por la habilidad de las redes móviles para proveerlos de una manera eficiente. Esto, a su vez, depende de varios factores, principalmente, la disponibilidad del espectro. Si bien los beneficios de banda ancha móvil son enormes, existen lógicamente también varios desafíos y/o problemas a resolver. Para alcanzar los beneficios esperados se requerirá una amplia colaboración entre los varios miembros del ecosistema, lo que incluye operadores de redes, proveedores de servicio, fabricantes de dispositivos, administraciones, desarrolladores de aplicaciones, y vendedores de dispositivos de infraestructura.

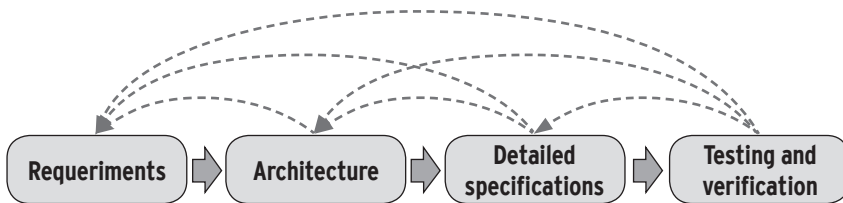
Para lograr iniciativas exitosas es posible utilizar experiencias pasadas. La industria de las comunicaciones móviles tiene una historia de éxito global cuya contribución a la sociedad y la economía pueden compararse a aquellas logradas por otras infraestructuras dominantes en el pasado, tal como red de autopistas, redes ferroviarias, estructura de puertos marítimos, etc. Sin embargo, el éxito de la industria de comunicaciones móviles, de la misma forma que otras industrias de infraestructura, no puede improvisarse, lo que requiere considerable atención en la planificación y predictibilidad. Por ejemplo, el caso de GSM (uno de los pro-

yectos de colaboración tecnológica más exitosos) fue fundado hace 20 años y su impacto todavía no se ha completado. En febrero de 1987, un pequeño número de países en Europa decidió, para organizar la fragmentación en la industria de radio, seguir tres líneas específicas para el continente:

- Proveer un servicio de radio móvil que alcance toda Europa.
- Sustituir la tecnología analógica establecida por nuevas tecnologías digitales.
- Sustituir las radios asociadas a automóviles por radios de bolsillo como los dispositivos manuales actuales.

En ese momento había considerable escepticismo y resistencia en relación al futuro de este proyecto, sin embargo, la determinación de sus impulsores condujo al más exitoso proyecto tecnológico, con más de 2.3 mil millones de suscripciones GSM vendidas en forma global hacia fines de 2006, de forma que los usuarios pueden viajar a través de más de 200 países y tener sus móviles automáticamente conectados a un servicio de telefonía móvil local. Se requirieron 12 años para que las suscripciones a GSM superaran la marca de 10 mil millones, pero sólo dos y medio para incorporar 1 mil millones. Es esperable que se consiga la marca de los tres mil millones en sólo 18 meses, alrededor de fines de 2008.

204



La experiencia de GSM está estrechamente relacionada con el proceso de estandarización. La figura ilustra las etapas de dicho proceso (especificación de requerimientos, definición de la arquitectura del servicio, especificación de la red y dispositivos, y test y verificación), y el carácter interactivo que conlleva. Es evidente que la participación y experiencias en dicho proceso son enriquecedores desde varios puntos de vista y requieren especial atención no sólo en comunicaciones inalámbricas móviles, sino en diferentes tecnologías relacionadas.

Requerimientos: Varios han sido los factores que contribuyeron al éxito de la telefonía móvil en general y GSM en particular. Sin embargo, no puede despreciarse la existencia de estándares compatibles y de una clara definición del espectro. En particular, la disponibilidad de un espectro organizado para GSM permitió al usuario móvil hacer y recibir llamadas y/o mensajes, independientemente del país en el cual se encontrara. Esto fue un ingrediente clave para el éxito de GSM. Otras tecnologías que también utilizaron estándares compatibles y espectro semejante han tenido dividendos similares.

En la actualidad, la industria de las comunicaciones móviles está en una encrucijada similar, y es la posibilidad de movilizar Internet de forma real lo que debe resolverse. Para ese objetivo es necesaria la colaboración, la planificación y la experiencia de la industria y las administraciones en una escala global.

Esas tareas deberían desarrollarse teniendo en cuenta:

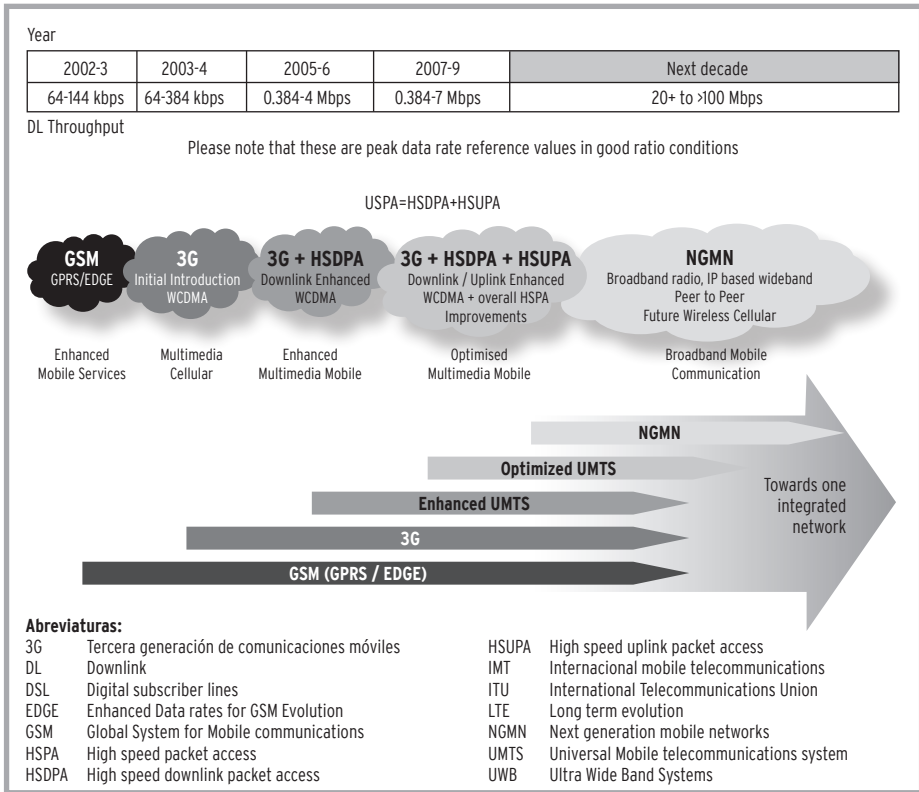
- Integración: Las diferencias de servicios entre áreas urbanas y rurales, así como entre el mundo en desarrollo y el desarrollado deberán resolverse de una forma económicamente viable.
- Desempeño: Deberá garantizarse suficiente capacidad en el sistema para asegurar servicios de banda ancha móviles eficientes,
- Flexibilidad y reconfigurabilidad: La economía de escala y adecuación de terminales deberá garantizarse implementando los mismos componentes de RF en forma global.

Para resolver la diferencia de servicios, la próxima generación de redes móviles requiere acceder a un espectro por debajo del que está actualmente asignado a servicios móviles (o sea, por debajo de las bandas de 850 / 900 MHz). Este tipo de acceso permitirá beneficios en las ciudades de alta densidad de población mejorando la disponibilidad de cobertura en interiores de alta calidad y reduciendo el costo de ese tipo de cobertura. Además, los beneficios económicos y sociales sólo se podrán realizar si la disponibilidad de ese espectro ocurre sobre una base armonizada y común. Tal disponibilidad permite la interconexión (roaming) global, así como economía de escala adecuada para la fabricación, de forma que puedan construirse infraestructura y dispositivos móviles baratos, y los servicios puedan habilitarse rápidamente. Es posible notar que el beneficio de una mayor cobertura, por el uso de bandas de más bajas frecuencias, puede ser sustancial debido a que permitiría reducir el costo de provisión del servicio al incrementar la cobertura por estación base. Esto beneficia no sólo grandes áreas con población dispersa si no también áreas urbanas a través de mejor cobertura en interiores.

Si bien la disponibilidad de un espectro apropiado en las bandas de frecuencia bajas es esencial, no es suficiente para asegurar el éxito de los nuevos servicios. El éxito requerirá satisfacer la demanda de tráfico proyectada, que a su vez requiere la disponibilidad de ancho de banda suficiente. Ese espectro está disponible sólo en mayores rangos (arriba de 1 GHz) y su disponibilidad es necesaria para asegurar la calidad de servicio.

Como hemos citado anteriormente, la disponibilidad de un espectro armonizado globalmente y un marco regulatorio consistente han sido la base para el éxito mundial de GSM. Similares condiciones han sido establecidas para el estándar asociado a comunicaciones móviles de banda ancha, IMT-2000 de la ITU en WRC-2000 (World Radio Conference), y hasta la fecha condujeron a la instalación de más de 100 redes UMTS/IMT-2000. Tales condiciones serán requeridas también por la próxima generación de redes móviles y recientemente se han

discutido los requerimientos adicionales de ancho de banda en el WRC-07 (IMT-Advanced). La figura siguiente muestra la evolución de algunos estándares de comunicaciones móviles y el desempeño esperable en cada caso.



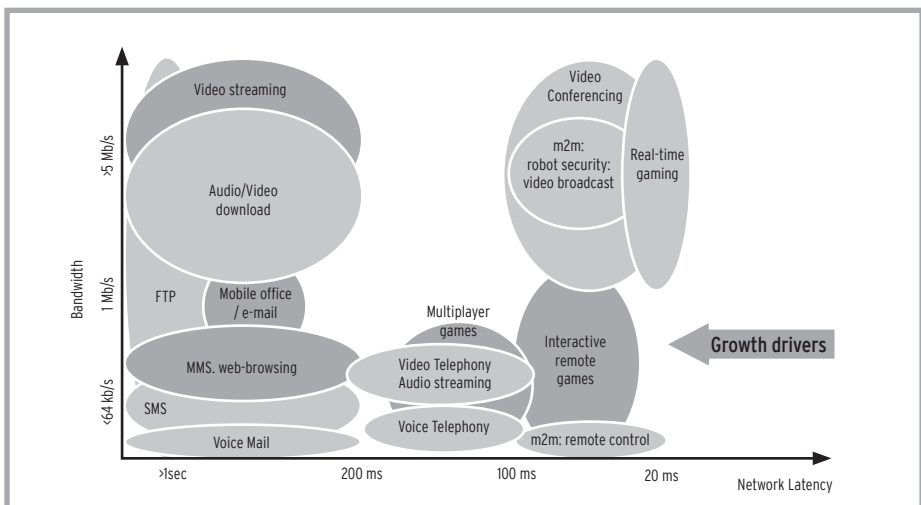
206

El mercado de las comunicaciones móviles está experimentado actualmente cambios notables. Algunos de estos cambios están relacionados con: los requerimientos de nuevos servicios, comparables en el desempeño a los de redes cableadas; los nuevos modelos de negocios introducidos por la competitividad del mercado y las mejoras en tecnologías de radio y de infraestructura. Sin embargo, la evolución de los servicios no es relevante si el usuario final no es satisfecho. Es difícil predecir el comportamiento del usuario en términos de evolución de la demanda del servicio. Esa evolución depende de factores tales como: estilo de vida, moda u otras necesidades que varían en el corto plazo. En consecuencia, la flexibilidad y la velocidad de instalación son esenciales para satisfacer las demandas. En el futuro los servicios deberán instalarse más rápido y de forma más personalizada que en la actualidad. Mientras que la voz continuará siendo un servicio universal, existe cierto número de tendencias reconocibles que influenciarán las comunicaciones móviles, al menos en los próximos años:

- Acceso a Internet. Mientras antes era utilizado para obtener textos e imágenes, se usa actualmente para obtener películas.

- TV móvil. Esto implica la distribución de video individual para el uso de servicios por demanda con capacidad de ser interactivos.
- Juegos remotos interactivos móviles y juegos en tiempo real están ganando reconocimiento en el campo del entretenimiento.
- Varios tipos de servicios de datos, voz y video disponibles mediante proveedores de DSL están entrando al mercado móvil y reemplazando líneas cableadas por servicios tanto para el hogar como para la empresa.

En consecuencia, los nuevos servicios se centrarán en comunicaciones de datos y multimedia en paralelo o en contexto con el servicio de voz. Algunos de esos servicios junto con el ancho de banda típico y los requerimientos de latencia de red se ilustran en la figura siguiente.



207

Se espera que los servicios señalados conduzcan a un crecimiento notable, lo que brindará beneficios a los usuarios y a la industria. Para ser aceptados y atractivos para el usuario, varios de esos servicios (por ejemplo, en base a video o comunicaciones de máquina a máquina) requieren altas velocidades de transmisión de datos o una respuesta con pequeño retardo (o ambos). Se espera que estos nuevos servicios absorban la mitad de los recursos de la red para alrededor del 2010. De esta forma, deberá ponerse atención en:

- Las velocidades pico y efectiva requeridas por el usuario, las que deben soportarle mediante la red.
- La latencia (o tiempo de respuesta) de camino de comunicación de datos y los canales de señalización.
- La cobertura de radio que se puede garantizar para uso óptimo de los servicios al borde de la celda.
- Los medios adecuados para invocar y mantener calidad de servicio de la conexión individual y el sistema completo.

En términos específicos, los servicios de próxima generación que tengan en cuenta estos parámetros deberán proveer hasta 100 Mbs para comunicaciones móviles y hasta 1 Gbs para comunicaciones inalámbricas fijas. Estas velocidades de transmisión demandarán aumentos considerables en los anchos de banda según lo discutido en el WRC-07.

Procesamiento de señales en comunicaciones móviles hacia el 2020

El procesamiento de señales en comunicaciones inalámbricas ha demostrado su importancia en la década pasada como una herramienta fundamental de crecimiento económico; primero en las prestaciones obtenidas en redes celulares (GSM, UMTS, LTE, etc.) y más recientemente en redes de computadoras (Wimax, Wifi). La próxima década brindará desarrollos dramáticos en el área conducidos esencialmente por :

- Demanda creciente de servicios de banda ancha tales como HDTV y acceso a archivos de datos de tamaño creciente.
- Crecientes velocidades disponibles en redes fijas (DSL, 1000-base-T, FTTH y FTTB), cuyos usuarios esperan poder acceder en forma inalámbrica.
- La ganancia en eficiencia disponible a través de redes coordinadas de dispositivos y sensores autónomos, con aplicaciones en seguridad y vigilancia.

208

Esas aplicaciones introducen una serie de desafíos específicos en procesamiento de señales en comunicaciones:

- Incrementar la eficiencia de ancho de banda del sistema en un orden de magnitud.
- Incrementar requerimientos de calidad de servicio.
- Poder abarcar arquitecturas de sistemas heterogéneas, tales como de malla, multihop, punto a punto y multiestándar.
- Coordinar una multiplicidad de dispositivos autónomos usando estándares diferentes.

En particular, el área de procesamiento de señales en comunicaciones colabora en resolver estos desafíos atacando los siguientes problemas concretos:

- Reducción y manejo de interferencias. Las bandas no licenciadas del espectro están siendo utilizadas con una variedad de servicios, lo que las vuelve gradualmente más congestionadas y sujetas a interferencias. Se requiere por ende el desarrollo de técnicas de acceso al medio y técnicas adaptativas para el uso del espectro, que mejoren el desempeño de la comunicación en el caso del uso no coordinado de bandas no licenciadas.
- Adaptabilidad de los dispositivos a sistemas de acceso múltiples. La adaptabilidad para mejorar el desempeño puede ocurrir en varios niveles (nivel físico, nivel de enlace, etc.). Esta área debería considerar el desarrollo de alternativas para coordinar la adaptabilidad en sistemas

específicos y su impacto en otros sistemas que utilicen la misma asignación de espectro.

- Interacción entre técnicas adaptativas. El objetivo sería estudiar el impacto de las técnicas adaptativas anteriores, en las que interactúan varias capas del modelo OSI. La interacción puede conducir a una degradación del desempeño general y en consecuencia es necesario priorizar el uso de técnicas eficientes.
- Criterios de control de potencia. Los esquemas de control de potencia se resumen típicamente en un algoritmo muy absorbente que busca proveer el desempeño requerido en un enlace simple, observando que para otros usuarios se minimice la potencia recibida para la calidad de servicio requerida. Este modelo es adecuado cuando los usuarios tienen distintas fuentes. Cuando las fuentes son compartidas tales algoritmos no son óptimos y se requerirán alternativas que garanticen equitatividad.
- Diseño mediante procesamiento de señales de front-ends de RF eficientes. El procesamiento en cada base se diseña frecuentemente independientemente de las dificultades de implementación en RF. Las señalizaciones de mayor eficiencia espectral requieren frecuentemente altos grados de linealidad y altas relaciones de valores de potencia pico a promedio. Esto conduce a transmisores de baja eficiencia de potencia y soluciones de RF complejas. Se requieren nuevos conceptos de diseño para el caso en que el procesamiento en RF y banda base se realice en conjunto procurando menor complejidad, y mayores eficiencias espectral y de potencia.
- Operación MIMO limitada por interferencias. Las tecnologías MIMO proveen grandes ganancias en eficiencia espectral cuando las condiciones de canal son apropiadas y conocidas. La posibilidad de separar secuencias de bits múltiples enviadas sobre el mismo canal requiere conocer cómo se relacionan esas secuencias. Sin embargo, las señales interferentes son desconocidas en general, de manera que se requieren métodos para mitigar y/o reducir su influencia. Estos métodos podrían incluir un procesamiento de antena más elaborado tal como una combinación de detección – beamforming MIMO, o simplemente técnicas de separación de señales.
- Explotación del canal de radio multidimensional para nuevas aplicaciones. Los desarrollos tecnologías MIMO han puesto en evidencia que los canales no pueden ser considerados sólo como un tubo lineal sino como procesos tridimensionales complejos. La estructura del canal debe explotarse para lograr el mejor desempeño. Esto requiere el diseño combinado de antenas y procesamiento de señales.
- Aspectos de arquitecturas óptimas. Una gran parte de los avances actuales ha considerado el diseño del hardware y el software por separado. La complementación en el diseño con el objetivo de optimización debería ser una de las metodologías prioritarias.
- Compromisos entre usos coordinados o no coordinados del espectro. Para muchos sistemas, la decisión de diseño en utilizar un acceso coordinado o no coordinado es fundamental. Esto ocurre generalmente a

nivel de MAC a través del proceso regulado de asignación de canales licenciados o no licenciados. Deberían considerarse los compromisos entre ambos tipos de sistemas y las interacciones a diferentes niveles del modelo OSI.

- Diseño de sistemas eficientes en términos de energía. El diseño de sistemas inalámbricos eficientes en términos de energía es un problema importante y altamente complejo. Es importante porque los móviles operan a baterías con energía limitada. Es complejo porque el desempeño depende, en forma interrelacionada, de diferentes subsistemas: antena, amplificador, modulación, codificación para control de errores, protocolos de red, etc. Para optimizar el desempeño deberá tenerse en cuenta la relación entre los varios subsistemas y optimizar su operación con la restricción de energía del conjunto.
- Multifuncionalidad y reconfigurabilidad. En términos de codificación para control de errores, es necesario desarrollar técnicas prácticas de baja complejidad, alternativas a las formales obtenidas a partir de límites teóricos. Esto incluye, en el largo plazo, técnicas que utilicen multifuncionalidad y reconfigurabilidad, o sea, codificación que permita una aproximación a los límites teóricos, de tasa adaptativa y baja complejidad. El camino evidente es integrar las funciones de la capa física (ecualización, sincronización, detección, estimación de canal, etc.) con técnicas de codificación eficientes y técnicas iterativas de decodificación.
- Codificación combinada de fuente y canal. La importancia creciente de Internet y la aparición de sistemas móviles de 3G ha aumentado el interés en sistemas de comunicaciones multimedia robustos sobre canales no confiables. En lugar de considerar fuente y canal separadamente, mejoras significativas podrían lograrse combinando codificación de fuente y canal a través del diseño interactivo entre capas del modelo OSI.
- Procesamiento espacio–temporal: Las técnicas de diversidad – codificación espacio – tiempo o espacio – frecuencia se han convertido rápidamente en la nueva frontera de las comunicaciones inalámbricas debido a las inmensas ventajas en términos de capacidad y desempeño que permiten lograr. Esto incluye codificación espacio – tiempo para modulación de portadora única, receptores óptimos para canales con ruido impulsivo no sincrónico, diseños de diversidad – codificación espacio – temporal combinados con modulación OFDM (orthogonal frequency division multiplexing), etc. Se requerirán soluciones que permitan resolver el compromiso del uso completo de los grados de diversidad y simultáneamente transmitir a la máxima velocidad.

Sistemas de Comunicaciones de alta velocidad por fibra óptica

Los sistemas de comunicación de alta velocidad por enlaces ópticos se han convertido en el medio preferido para los sistemas de comunicación digital de alto desempeño. La posibilidad de transmitir luz sobre largas distancias con un muy alto ancho de banda, baja atenuación y gran inmunidad a interferencias externas, consolidaron a la fibra óptica como un medio prácticamente ideal. Esto

alentó el tendido de grandes redes de fibra óptica, convirtiéndose en muy poco tiempo en verdaderas autopistas de información digital. Por muchos años el gran ancho de banda que proveía la fibra óptica permitió absorber sin inconvenientes el creciente tráfico de datos. La metodología de trabajo siempre fue mantener una baja complejidad en el transmisor y en el receptor, debido principalmente a limitaciones de origen técnico. Esto supone esquemas sumamente simples de modulación, codificación y ecualización.

En la actualidad, dos hechos importantes están cambiando este paradigma. Por un lado existe un gran incremento en el tráfico de datos, debido principalmente a la gran popularidad de Internet, a la transmisión de audio y video digital, al incremento de las transacciones comerciales electrónicas, etc. Esto trae aparejado la saturación de las redes ópticas existentes, y las soluciones actuales proponen complicados y costosos sistemas de compensación óptica. Por otro lado, el progreso de la tecnología de implementación de circuitos electrónicos integrados permite pensar en realizar transmisores y receptores más complejos y a menor costo.

De esta forma es posible visualizar diseños utilizando técnicas de procesamiento de señales que permitan alcanzar un alto rendimiento del canal de fibra óptica. La transmisión digital a muy alta velocidad (10 Gigabits por segundo (Gb/s) o más) por fibras ópticas exagera los efectos de la dispersión por modo de polarización (Polarization Mode Dispersion, PMD), la dispersión cromática (Chromatic Dispersion, CD), la distorsión no lineal y otras limitaciones del canal. A estas imperfecciones intrínsecas del medio de transmisión se agrega la dificultad práctica de implementar transmisores y receptores que puedan operar a estas altas velocidades.

211

Los receptores ópticos tradicionales realizan escaso procesamiento de señales. En la mayoría de las aplicaciones actuales, las imperfecciones del canal no se compensan, o en su defecto, se compensan parcialmente utilizando técnicas ópticas que procesan directamente la señal de luz. Hasta hace unos años, las operaciones después de la conversión óptica-eléctrica estaban limitadas a la recuperación de sincronismo y a la detección de umbral. Sin embargo, y gracias a los avances de la tecnología, hoy es posible realizar un mayor procesamiento de señales en algunas funciones del receptor que requieren una importante complejidad. Esta capacidad de procesamiento podría utilizarse para compensar algunas de las imperfecciones del canal óptico. La compensación electrónica de la dispersión (Electronic Dispersion Compensation, EDC) mejora el desempeño y provee una enorme flexibilidad resultante de la oportunidad de aplicar procesamiento de señales basado en metodologías que resultan muy difíciles de realizar en el dominio óptico.

Existen técnicas puramente ópticas para controlar la dispersión. Lamentablemente, estas requieren un ajuste manual para realizar una efectiva compensación de la dispersión, resultando costosas y exigiendo un significativo tiempo de puesta a punto. Algunas técnicas híbridas, donde la compensación de la dispersión se realiza en el dominio óptico, pero la función de transferencia del equipo com-

pensador se ajusta usando una señal de error electrónica, se propusieron en varios trabajos anteriores. Una solución puramente electrónica tiene la ventaja de una mayor integración y de una más fácil y rápida adaptación de la función de compensación. Por muchos años, se emplearon receptores que utilizan ecualización adaptativa en una gran variedad de sistemas de comunicaciones no ópticos. La aplicación de técnica en receptores ópticos reduce el alto costo que tienen las técnicas de compensación de dispersión puramente ópticas. Además, el beneficio de los ecualizadores adaptativos permite eliminar el ajuste manual de los compensadores ópticos, o la necesidad de cerrar el lazo externamente.

Innovación: La compensación electrónica de la dispersión es sólo una de las áreas que ofrece buenas oportunidades para la innovación. Asociada a ésta se encuentra también el diseño de arquitecturas que permitan llevar a la práctica los algoritmos de compensación diseñados, teniendo en cuenta las limitaciones de la tecnología (por ejemplo, basados en procesamiento en paralelo). Por lo tanto, el potencial de esta línea de trabajo no sólo se limita a la necesidad de algoritmos que realicen la compensación de la dispersión, sino también al diseño de novedosas técnicas que permitan la implementación en hardware de dichos algoritmos.

Transferencia: El desarrollo tecnológico experimentado en los últimos años ha permitido disponer de poderosas herramientas para realizar la implementación en hardware de sistemas basados en procesamiento digital de señales (por ejemplo, módems). En particular, varios laboratorios de nuestro país disponen de placas con FPGA y/o DSP. Por otro lado, existen en Argentina algunos proyectos para el desarrollo de la microelectrónica, especialidad que permitirá en el futuro poner en un chip algunas de las técnicas de procesamiento de señales discutidas.

212

5.2.4. Para el análisis FODA de Prospectiva

Fortalezas

Creciente número de investigadores – becarios.
Capacidades de laboratorios en ciertas tecnologías.
Muy buena formación de investigadores jóvenes en ciencias de la ingeniería.
Red de jóvenes investigadores en el área (red de doctorandos).

Debilidades

Reequipamiento de laboratorios incipiente.
Escasa relación laboratorios - industria.
Escasa experiencia de transferencia en laboratorios.
Objetivos laboratorios – industrias no convergentes.
Escaso reconocimiento - valorización de formación en industria.
Desde hace 20 años el área de comunicaciones está olvidada y no existen programas nacionales de recuperación.
Escasas oportunidades laborales para los investigadores jóvenes formados en el área.

Escasa política de gestión del recurso espectral (CNC).
Escasa experiencia científica en el país en el área de teoría de las comunicaciones.

Oportunidades

Decisión política positiva.
Creciente financiación para equipamiento.
Relación de cambio que favorece inversiones competitivas.
Patentamiento.
Disponibilidad de plataformas digitales accesibles que facilitan una rápida implementación de prototipos.
Tendencia mundial a apoyar la innovación tecnológica.

Amenazas

Sólo industria de servicios.
Mala planificación.
Manejo de políticas (estándares) con otros objetivos (externos).
Emigración de los jóvenes profesionales, ya sea al extranjero o a otras áreas del conocimiento por falta de oportunidades.

Estrategias

Comenzar con un plan de desarrollo del área. En lo que respecta a ciencia y tecnología es necesario atender a un programa de Educación superior como especializaciones, maestrías y doctorados con una clara perspectiva de inserción en el medio productivo.

Reforzar los lazos con investigadores argentinos trabajando en centros de prestigio del exterior en la temática de teoría de las comunicaciones. En lo posible, establecer un programa serio para repatriar a dichos investigadores.

Incentivar la innovación tecnológica local en el área a través de la creación de fondos específicos para el desarrollo de productos de comunicaciones.

Conclusiones finales

Si bien las perspectivas económico–sociales asociadas a la temática de procesamiento de señales en comunicaciones móviles futuras y enlaces de fibra óptica de alto desempeño son altamente promisorias, su implementación y consolidación requieren un alto grado de integración y/o participación, tanto del Estado como de la industria.

Desde la participación del Estado, la formación de recursos humanos, adecuación de laboratorios y, de forma muy importante, la apertura de participación en los procesos de diseño de regulaciones (adopción de estándares, etc.), son algunos de los aspectos que conducirán a un desarrollo sostenido.

Desde la perspectiva excluyente de formación de recursos humanos, el esfuerzo realizado en estos últimos tres años por el grupo de procesamiento de señales

(actores y autores de estos lineamientos) en cuanto a la formación de un grupo de jóvenes investigadores en el área, está dando sus frutos. En este momento, este grupo de investigadores tuvo la oportunidad de mejorar su formación de base a diversos cursos en diferentes tecnologías de comunicaciones. A través de la interacción con especialistas extranjeros, numerosos jóvenes tuvieron exposición a los problemas tecnológicos que se discuten en este momento en diversos mercados.

Sin embargo, este trabajo fue sólo un primer peldaño. Si queremos contribuir seriamente con la industria de las telecomunicaciones en el país y el exterior, debemos incluir a los centros académicos y de investigación dentro del sistema de desarrollo-regulación-utilización de sistemas de comunicaciones. Para ello se requiere un esfuerzo institucional y un compromiso del Estado para que se incentive el desarrollo de tecnología local, se facilite la cooperación entre el mundo empresarial y el de los investigadores y se absorba los jóvenes formados dentro del ámbito científico-tecnológico en forma digna.

Desde la perspectiva de la industria, las iniciativas relacionadas con esta temática pueden favorecer claramente nuevos emprendimientos que procuren soluciones eficientes a nivel nacional, y que mantengan la economía de escala de las aplicaciones.

214 Finalmente, desde la perspectiva tecnológica, la reconfiguración y flexibilidad que caracterizará a los dispositivos y servicios de comunicaciones móviles futuros, y las futuras prestaciones de sistemas de comunicaciones por enlaces de fibra óptica de alto desempeño, demandará considerable ingenuidad e ingenio para resolver los compromisos de eficiencia requeridos. Una herramienta común para solucionar varios de esos compromisos es el procesamiento estadístico de señales.

5.3. Tecnología de Imágenes

La ciencia y tecnología de las imágenes constituye un área de estudio que involucra un grupo amplio de focos tecnológicos y áreas de aplicación que tienen en común el empleo de imágenes y/o video y su procesamiento en formato digital y sus variaciones. Estos focos tecnológicos y áreas de aplicación incluyen las actividades científicas y tecnológicas relacionadas con el procesamiento de imágenes, computación gráfica, desarrollo de juegos, visión artificial, simuladores, desarrollo de sensores e imagers, imágenes médicas, visualización computacional, teledetección y sensado remoto, visión robótica, visión y automatización industrial, biometría, video digital, así como los grupos multi e interdisciplinarios que se concentran alrededor de estas temáticas.

La diversidad de áreas que actualmente emplean o podrían emplear imágenes y video en formato digital requiere una clasificación temática que permita su análisis en forma individual, que muestre las vinculaciones con otras áreas y que