

систем методов обеспечения высокой устойчивости (энтропийный, гомеостатический и морфогенетический) в данном случае реализуется морфогенетический.

► Для реструктуризации в ТКС могут использоваться различные методы. При прямом методе исходя из полученных оценок функциональных характеристик в реальном времени осуществляется то или иное изменение структуры: так, при возникновении неисправностей создаются обходные пути, при изменении трафика перераспределяются наличные ресурсы, создаются необходимые маршруты, корректируется маршрутная карта. При косвенном методе создается адекватная математическая модель ТКС и непрерывно осуществляется ее идентификация по получаемым оценкам.

Сама модель ТКС и ее структура описываются тензором состояния, графоаналитическими методами, матрицами инцидентий. При изменении состояния ТКС производится реструктуризация с применением тех или иных методов оптимизации (например, Форда — Фалкерсона, Беллмана — Форда).

► Переходные состояния структуры  $P_{\sigma}$ ,  $\sigma = \overline{1, n}$ , могут принимать различные счетные значения. В простейшем бинарном варианте (0,1) значения  $P_{\sigma}$  образуют обычную матрицу инцидентий. При  $n_{\sigma} > 2$  появляется возможность дискретно оценивать загрузку того или иного направления связи. С учетом стандартизации скоростей цифровых потоков выбор  $n_{\sigma}$  можно соответственно согласовать с данными стандартами, что позволит достаточно точно осуществлять перераспределение нагрузки.

► Важнейший параметр ТКС — время задержки в контуре управления. Как следует из [9; 11], процедура управления достигает цели, если его циклы  $\Delta t_{\sigma}$  существенно меньше промежутка времени между возможными изменениями состояния сети, требующими реструктуризации.

► Рассмотренная методология управления ТКС является достаточно общей, позволяя эффективно решать

задачи изменения структуры сетей (в том числе для гибридных и мультипротокольных ТКС), поскольку сами процедуры управления практически свободны от особенностей той или иной технологии.

#### Литература

1. Багатоканалний зв'язок та телекомунікаційні технології: Підручник для вузів / За ред. В. В. Поповського. — Харків: Сміт, 2003. — 512 с.
2. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф: В 2 кн. — М.: Мир, 1984. — Кн. 1. — 304 с.; Кн. 2. — 284 с.
3. Давыдов Э. Г. Исследование операций. — М.: Высш. шк., 1989. — 380 с.
4. Козаков И. Е. Стохастические системы со случайной сменой структуры // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. — 1989. — № 1. — С. 58–78.
5. Назин А. В., Позняк А. С. Адаптивный выбор вариантов. — М.: Наука, 1986. — 288 с.
6. Обнаружение изменения свойств сигналов в динамических системах: Пер. с англ./ Под ред. М. Бассвиль. — М.: Мир, 1989. — 278 с.
7. Олійник В. Ф. Основи теорії систем зв'язку. Математичні моделі телекомунікаційних систем. — К.: Техніка, 2000. — 152 с.
8. Пашкин П. В. Устойчивость дискретных систем со случайной структурой при постоянно действующих возмущениях // Автоматика и телемеханика. — 1983. — № 6. — С. 142–152.
9. Поповский В. В., Григорьева Т. И. Перспективы теории и практики телекоммуникаций // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. — 2002. — Вып. 128. — С. 4–10.
10. Поповский В. В., Лемешко А. В. Тензорный анализ в задачах системного исследования телекоммуникационных систем // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. — 2002. — Вып. 125. — С. 156–165.
11. Родимов А. П., Поповский В. В. Статистическая теория поляризационно-временной обработки сигналов в линиях связи. — М.: Радио и связь, 1984. — 272 с.
12. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. — М.: Связь, 1976. — 496 с.

А. О. ЛУНТОВСКИЙ

## НОВЫЕ ПОКОЛЕНИЯ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

**Рассматриваются новые стандарты мобильных и беспроводных сетей. Проводится сравнительный анализ основных характеристик систем мобильной связи 3-го и 4-го поколений.**

### Анализ современного этапа развития и классификация поколений систем мобильной связи

Внедрение систем UMTS/IMT2000 мобильной связи 3-го поколения (3G), намеченное на 2000–2005 гг., осуществляется медленно. Имеются лишь отдельные примеры ввода в эксплуатацию 3G-систем. Так, в целях развития инфраструктуры 3G в Европе с 2002 г. предусмотрены тестовые испытания, а также осуществляется проект British Telecom на острове Мэн (2003 г.). Запланированный ввод указанных систем в США откладывается до 2005 г. в связи с успехами в развитии беспроводного Интернета на базе сетей IEEE 802.11/16. Только в Японии 3G-системы вводятся уже с 2000 г. усилиями NTT DoCoMo и других корпораций.

Интероперабельность 3G-систем обеспечивается на основе имеющейся инфраструктуры мобильных, стационарных и спутниковых сетей, включая проект ICO RTT (Radio Transmission Technology), и на базе интеграции с беспроводными сетями в рамках сотовых архитектур доступа HSA (Hot Spot Architectures). Данная тенденция повышает конку-

рентоспособность проекта UMTS/IMT2000 в целом. Архитектура HSA и 3G-системы совместно обеспечивают высокое качество обслуживания и быстрый беспроводный доступ в Интернет для большинства популярных сегодня мобильных приложений.

Ближайшее будущее мобильной связи (2007–2010 гг.) связано с системами 4-го поколения (4G).

Классификация поколений систем мобильной связи, существующих в настоящее время, и их основные характеристики приведены в табл. 1.

Безусловно, шансы систем мобильной связи новых поколений на успешное продвижение на рынке зависят прежде всего от коренного улучшения их основных характеристик:

- ◆ быстродействия (требуется повысить, как правило, на порядок);
- ◆ интеграции с имеющейся инфраструктурой поколений 2–3G;
- ◆ снижения требуемой мощности передачи и уменьшения интерференции;
- ◆ эффективности канальных протоколов (OFDM, CDMA Rel. C, D);
- ◆ интероперабельности сотовых архитектур (Hotspots);
- ◆ безопасности данных (WEP — Wired Equivalent Privacy, WiFi — Wireless Fidelity, WPA — WiFi Protected Access, 802.11i, IPsec, VPN);
- ◆ эффективности протоколов Интернета (IPv6, RSVP), возможности скоростного доступа с помощью мобильных устройств.

**Системи мобільної зв'язи 3-го покоління  
і їх інтеграція з безпроводними сетями**

Ввод 3G-систем в 2000 г. обещал революцію в мобільній комунікації на основі:

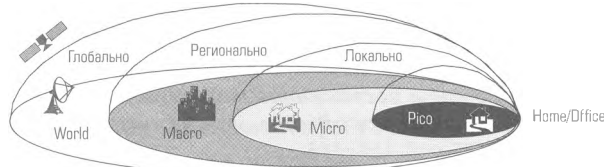
- ✧ применения прогрессивной техники мультиплексирования (CDMA);
- ✧ кардинального увеличения битовых скоростей (до 384 кбит/с... 2 Мбит/с по сравнению с 9,6...172 кбит/с для 2-2,5G)
- ✧ интеграции наземных (UTRA/FDD, UTRA/TDD) и спутниковых (ICO RTT) служб;
- ✧ гибкой сотовой архитектуры (pico-, micro-, macro-, world-ячейки);
- ✧ наличия «интеллектуальной» компоненты в сети (Intelligent Network);
- ✧ гибкой системы тарифов, профилей пользователя и гарантий качества обслуживания (QoS).

Архитектура сетей 3-го поколения подразумевает наличие следующих компонент:

- ✧ Access Network (AN — сеть доступа) — базовые станции для осуществления радиосвязи с мобильными терминалами;
- ✧ Core Network (CN — сеть ядра) — стационарная сеть, обеспечивающая создание соединений;
- ✧ Intelligent Network (IN) — интеллектуальная сеть, выполняющая расчет оплаты услуг, определение местоположения, роуминг, хэндовер (Handover), т. е. переход к другому коммутационному центру.

Сотовая структура 3G-систем показана на рис. 1.

Размеры ячеек сотовой структуры колеблются от 100 м до многих тысяч километров: последнее обеспечивается благодаря применению



Тип ячейки	Дальность действия	Скорость, кбит/с	Максимальная скорость движения терминала, км/ч	Свойства
World	Глобальные	144	500	Не UTRAN, использование спутника ICO
Macro	Многие километры	384	120	Полное национальное покрытие сервисами UMTS
Micro	Многие сотни метров	2000	10	Большие зоны и города, широкое распространение
Pico	Около 100 м			Hotspots-архитектуры (аэропорты, вокзалы)

Рис. 1

спутниковых систем. Предусмотрена интероперабельность 3G-систем с сетями старших поколений GSM и GPRS (2-2,5G), как это показано на рис. 2.

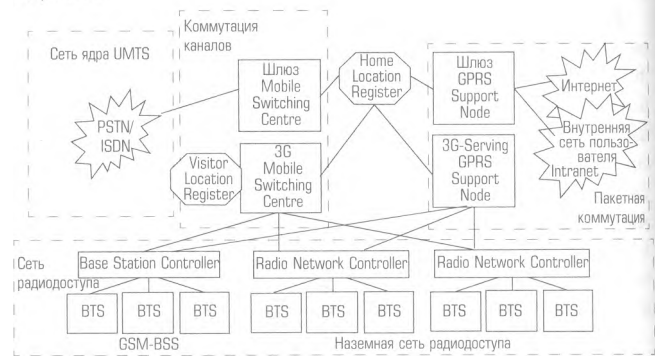


Рис. 2

В то же время беспроводные локальные 802.11, городские 802.16 и персональные 802.15 (Bluetooth) сети, равно как и широкополосные мобильные сети доступа 802.20, уже сейчас составляют достаточно сильную конкуренцию 3G-системам для дальности действия 10 м...50 км.

Наибольшее развитие беспроводные локальные 802.11a-i (IEEE Wireless LAN) и городские 802.16 (IEEE Wireless MAN) сети получили в США, а с 2005 г. будут введены в действие в Западной Европе.

Очевидно, что практически 3G-системы приобретут рыночное значение только на основе дальнейшей интеграции с беспроводными сетями. На рис. 3 представлены оценки (по состоянию на 2003 г.) мобильности и битовых скоростей для локальных (LAN — IEEE 802.3), беспроводных локальных (WLAN) и персональных (Bluetooth) сетей, а также UMTS.

Интеграция с беспроводными сетями выдвигает новые требования к 3G-системам, в частности, ими должна обеспечиваться поддержка:

- ✧ групповой Multicast-коммуникации;
- ✧ приложений мобильной коммерции и обучения (e-Commerce, e-Teaching);
- ✧ интерактивных групповых игр (присоединение к группе, выход из группы, смена местоположения);
- ✧ управления местоположением (Location Management Support);
- ✧ реакции на краткий выход из сети и периодическое присоединение, масштабируемость, безопасность данных, QoS для Multicast-приложений реального времени.

Таблица 1

**Системы мобильной связи 1-4-го поколений**

Поколение	Стандарт/ спецификация	Применение	Битовая скорость	Методы мультиплексирования, кодирования каналов и расширения спектра	Отличительные признаки
1G	AMPS, NMT, ETACS	Сотовая структура	—	Аналоговая передача, коммутация каналов	Слабый сигнал, низкая надежность, интерференция, только voice
2G (2000 г.)	GSM	Сотовая структура, международный роуминг	9,6 кбит/с	FDM+TDM, коммутация каналов	Международный стандарт
2G+	HSCSD	То же	9,6...53,8 кбит/с	FDM+TDM, коммутация каналов, TCH-объединение каналов	Асимметричность, uplink/downlink
2,5G (2003 г.)	GPRS, EDGE	Национальный роуминг	171...384 кбит/с	Асимметричность, пакетная коммутация	Взаимодействие с IP, X.25, Quasi-QoS
3G (2000-2005 гг.)	IMT2000, UMTS 1. UTRA/FDD 2. UTRA/TDD	Сотовая наземная и спутниковая структура Международный и национальный роуминг, ячейки различных типов: pico-, micro-, macro-, world	384 кбит/с...2 Мбит/с	FDD/ TDD + CDMA Rel. A/B, асимметричность/симметричность	Предусмотрены QoS, развитие мобильного Интернета
3,5G Пилотные испытания	Без наименования; NTT DoCoMo (Япония)	Hotspots, Cellular	20...30 Мбит/с	TDM, OFDM или CDMA Rel. C/D	QoS, совместимость с 802.11, 15, 16, 20 благодаря OFDM
4G Пилотные испытания (2007-2010 гг.)	Без наименования; Sprint, Flarion, ArdayComm, Nextel (США), iBurst (Австралия), NTT DoCoMo (Япония), Telecom (Корея)	Hotspots, Cellular, национальный и международный роуминг	50...100 Мбит/с	Только пакетная коммутация, OFDM вместо CDMA DAMA-TDMA: режимы: 1. Continuous Transmission: передача аудио-, видеоданных 2. Burst Transmission: IP	QoS, совместимость с беспроводными сетями, мобильный Интернет

Примечание. В таблице используются следующие английские сокращения: CDMA — Code Division Multiple Access; DAMA — Demand Assignment Multiple Access; EDGE — Enhanced Data rates for GSM Evolution; FDD — Frequency Division Duplex; FDMA — Frequency Division Multiple Access; GPRS — General Packet Radio Service; GSM — Global System for Mobile Communications; HSCSD — High Speed Circuit Switched Data; IMT2000 — International Mobile Telecommunications by the year 2000; OFDM — Orthogonal Frequency Division Multiplexing; TDD — Time Division Duplex; TDMA — Time Division Multiple Access; UMTS — Universal Mobile Telecommunications System; UTRAN — UMTS Terrestrial Radio Access Network; QoS — Quality of Service.

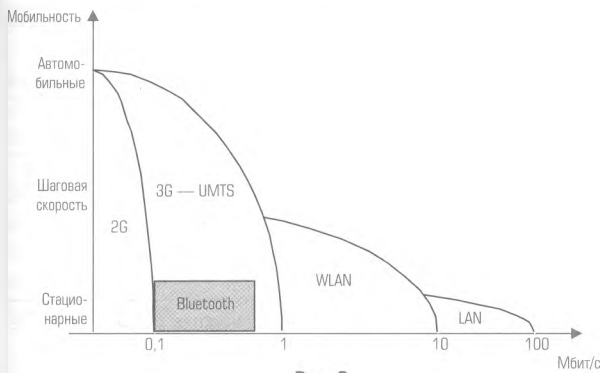


Рис. 3

Успешное решение указанных проблем повысит привлекательность WLAN для мобильных пользователей. Очередными общими задачами, с которыми предстоит справиться для дальнейшего развития «симбиоза UMTS/Wireless», являются:

- ✦ определение местоположения пользователей в области радиовидимости с соответствующих пунктов доступа или базовых станций;
- ✦ предоставление привязанных к местоположению информационных услуг (ближайшие магазины, рестораны, службы спасения и транспортировки);
- ✦ предоставление привязанных к местоположению сервисов со специфичными пользовательскими профилями по запросу и оплатой услуг.

**Интеграция с беспроводными локальными и персональными сетями**

**Интеграция с беспроводными сетями WLAN (802.11).** Концепции возможной интеграции UMTS/WLAN представлены в табл. 2. Предусмотрены три класса роуминга и хэндовера:

- ✦ no coupling (независимость компонент);
- ✦ loose coupling (поверхностная интеграция компонент);
- ✦ tight coupling (тесная интеграция компонент).

Интеграция 3G-систем с беспроводными сетями предполагает:

- ✦ обеспечение безопасности общих данных на основе принципа «AAA» (Authentication, Authorization, Accounting);
- ✦ роуминг и хэндовер с гарантией качества QoS;
- ✦ поддержку базы данных пользователей — единой или раздельной — в форматах хранения HLR/HSS (3GPP — консорциум 3G Partnership Project 2) или AAA (IETF — Internet Engineering Task Force).

**Интеграция с Bluetooth (802.15).** Посредством интеграции с Bluetooth (сетями 802.15) обеспечивается создание средств доступа к 3G-системам с дальностью действия до 10 м в персональном пространстве человека. Для определения точного местоположения используются беспроводные носители в виде небольших Access Points (пунктов доступа), Sensors (сенсоров) и Radio Frequency Identification Tags

Таблица 2

**Виды интеграции UMTS/WLAN**

No coupling (1-я степень)	Loose coupling (2-я степень)	Tight coupling (3-я степень)
UMTS/WLAN полностью независимы	Общая база данных для UMTS/WLAN, AAA-Format	HIPERLAN/2 связан с UMTS через UTRAN, специальный интерфейс
<i>Преимущества</i>		
Быстрый ввод в действие; не влияет на внутренние элементы архитектуры	Хороший менеджмент; не влияет на внутренние узлы	Улучшенный хэндовер
<i>Недостатки</i>		
Плохой хэндовер; нет общих баз данных и расчета платежей	Плохой хэндовер	HIPERLAN/2 должен иметь UMTS-интерфейс; необходима поддержка со стороны провайдера

(брелоков), позволяющие взаимодействовать с WLAN. Сети 802.15 (Bluetooth) также интероперабельны с другими сетями, поддерживающими определение местоположения (Location Management).

**Интеграция с беспроводными городскими и широкополосными мобильными сетями доступа**

Беспроводные городские сети IEEE 802.16 и широкополосные мобильные сети доступа IEEE 802.20 являются в настоящее время прямыми конкурентами 3G-систем. На основе организации Hotspots-архитектур доступа достигается битовая скорость до 134 Мбит/с на расстояниях до 50 км.

**Беспроводные городские сети 802.16.** Городские сети IEEE 802.16 WMAN, IEEE 802.16 BWA, которые будут введены в действие с 2007 г., дополняют или даже могут вытеснить существующие быстродействующие оптоволоконные сети, например при создании сети здания. Важным приложением является e-Travelling, доступ к данным осуществляется из салона скорого поезда или автомобиля со скоростью движения до 250 км/ч. Существуют реализации стандарта 802.16a/e.

Городские сети 802.16a специфицируются для полосы частот 500 МГц...3,5 ГГц, имеют пакетно-базированный сервис, являясь, по сути, беспроводными IP-сетями. Сети 802.16 базируются на ячейках размером до 15 км. Тестовые испытания были проведены в апреле 2002 г. Требуется небольшое число базовых станций (на зданиях или мобильных объектах), работающих в большинстве случаев на нелегализуемых частотах (запланированный частотный диапазон — **10...66 ГГц**) Особенно привлекательно использование таких решений для малых фирм и домашних офисов (SDHO — small office, home office) вместо обычно применяемых PSTN/Modem, ISDN, DSL с битовыми скоростями от 56 кбит/с до 2,048 Мбит/с. Развитие беспроводных городских сетей имеет особое значение в местностях со слабой инфраструктурой.

Для реализации нижних уровней модели OSI применяется комбинация методов мультиплексирования DAMA-TDMA, благодаря чему производительность канала гибко перераспределяется между мобильными станциями. Назначение слотов временным каналам изменяется динамически в режимах A (Continuous Transmission: передача аудио-, видеоданных) и B (Burst Transmission: передача IP-трафика). Каналы могут использоваться для одновременной передачи от провайдера услуг к потребителю — downlink (от конечного мобильного устройства к передающей станции) — и в обратном направлении — uplink.

**Широкополосные мобильные сети доступа 802.20.** Сети 802.20 MBWA (Mobile Broadband Wireless Access), широкополосные мобильные сети доступа (Wireless Mobility) также являются прямыми конкурентами 3G-систем. Технические характеристики стандарта:

- ✦ частотный диапазон 0,5...3,5 ГГц;
- ✦ оптимизирован для передачи IP-данных;
- ✦ более 1 Мбит/с на одного пользователя;
- ✦ скорость движения до 250 км/ч в городской среде.

Возникает вопрос: какой же способ мультиплексирования каналов более перспективен, в том числе для систем 3-го поколения, — CDMA или OFDM? Ныне OFDM приобретает все большее значение, вытесняя методы расширения спектра DSSS/FHSS в беспроводных сетях 802.11 (частотный диапазон 5,1 ГГц для 802.11a/g), 802.16, 802.20. Ближайшим конкурентом для сети 802.20 является сеть 802.16e, которая тоже дополняет техникой мобильного доступа стационарные станции в полосе частот 2...6 ГГц и при скоростях движения 120...150 км/ч. Комбинированное решение CDMA + OFDM уже применяется — под названием MC-CDMA (Multi-Carrier CDMA) — в мобильных сетях 3-го поколения.

С 2007 г. предусмотрена полная интеграция сетей 802.11, 802.15, 802.16, 802.20 в целях развития мобильного Интернета. Сравнительная характеристика стандартов современных беспроводных сетей приведена в табл. 3.

Современные стандарты беспроводных сетей

Характеристика	IEEE 802.11	HomeRF	Bluetooth (IEEE 802.15)	HIPERLAN (ETSI) / Wireless ATM	IEEE 802.16 / 802.16a
Частотный диапазон, ГГц	2, 4 и 5	2, 4	2, 4	5,1...5,3/ 17,1...17,3	10...16,6
Битовая скорость, Мбит/с	1...11 (20...54)	0,65	1 (в будущем — до 20)	24/155	134
Дальность действия, м	Около 100	Около 50	Около 5	Около 100	Независимы от сетевой структуры
Отличительные особенности	Улучшенные механизмы безопасности	Речевой канал, связь периферийных приборов	Речевой канал, связь периферийных приборов	Низкая практическая пригодность	Сотовое покрытие до 50 км США: Wireless MAN; Европа: HiperMAN

**Направления развития систем 4G**

Общие принципы и направления развития систем 4G в глобальном масштабе разрабатываются форумом WWRF (Wireless World Research Forum), созданным по инициативе компаний Alkatel, Ericsson, Nokia, Siemens. Важную роль в этой области играет также Рабочая группа ITU-T/R; вносят свой вклад и другие форумы, в частности 4GMF, занимающийся отработкой мобильных форм 4G-систем.

Состояние и направления развития систем 4G в различных регионах мира определяются текущим состоянием телекоммуникаций, тенденциями в их совершенствовании, а также инвестиционными возможностями, существующими в тех или иных странах.

В Соединенных Штатах Америки и в Австралии 4G-системы будут развиваться вместе с беспроводными технологиями.

В странах Европейского Союза системы 4G являются результатом развития и интеграции служб 3G.

В Азии две компании — NTT DoCoMo (Япония) и Telecom (Корея) — занимаются разработкой нового стандарта мобильной связи.

**Несмотря на все свои положительные качества, системы 4G не несут с собой революционных изменений в мобильных коммуникациях, а главным образом исправляют недостатки 3G-систем.** К будущим 4G-системам предъявляются следующие требования:

- ▲ поддержка интерактивных мультимедийных сервисов, придание приложениям глобальной мобильности;
- ▲ битовая скорость 30...100 Мбит/с на любых расстояниях;
- ▲ назначение услуг в режиме по запросу, привлекательные для пользователей тарифы при гарантиях QoS;
- ▲ полностью пакетная коммутация, все компоненты сети — цифровые;
- ▲ гетерогенность сети, гибкость сервисов на различных уровнях модели OSI:
  - ♦ среда передачи: от pico-ячеек с высокой битовой скоростью и низкой BER (Bit Error Rate) до macro-ячеек с низкой битовой скоростью и высокой BER;
  - ♦ сетевая архитектура: сотовые, peer-to-peer («точка-точка») или другие гибридные модели;
  - ♦ диапазон битовых скоростей приложения — от низкой до высокой;
- ▲ отсутствие необходимости в сложных модификациях для конечных устройств;
- ▲ использование методов OFDM и CDMA;
- ▲ безопасность данных;
- ▲ End-to-end IP;
- ▲ дальнейшее развитие Интернет-протоколов для мобильных приложений.

**В настоящее время предпринимаются следующие шаги в направлении внедрения систем 4G.**

**Развитие CDMA.** Для CDMA-носителей, в том числе 3G-систем, разработаны более совершенные методы мультиплексирования CDMA Release C и D (основные параметры приведены в табл. 4). Вскоре будут выпущены первые приборы с CDMA-Releases C/D.

В Японии фирмой NTT DoCoMo объявлены пилотные испытания 3,5G-систем (переходный стандарт), реализованных на новых принципах.

Достигнута битовая скорость 20...30 Мбит/с при использовании методов CDMA Rel. C/D и OFDM.

Битовая скорость для CDMA 2000 Release C\* и D при передаче downlink и uplink

Таблица 4

Передача	CDMA 2000 Release C	CDMA 2000 Release D
Downlink	3,1 Мбит/с	3,1 Мбит/с
Uplink в динамическом режиме (Burst Transmission)	144 кбит/с	1 Мбит/с

\* Стандартизирован в 2003 г. комитетом по стандартам консорциума 3GPP2.

**Эффективный метод мультиплексирования каналов.** В будущих 4G-системах запланировано использование OFDM как альтернативы CDMA. Сегодня OFDM-интерфейс с успехом применяется в беспроводных сетях, обеспечивая высокие битовые скорости на более высоких частотах нелицензируемых диапазонов (например, при 5,1 ГГц), снижая требуемую мощность передачи и уменьшая интерференцию сигналов. Компании Sprint, Flarion, ArrayComm, Nextel (США), iBurst (Австралия), NTT DoCoMo (Япония), Telecom (Корея) собираются использовать OFDM при разработке 4G-систем, придав им, таким образом, совместимость со всеми беспроводными сетями 802.11, 802.16, 802.20.

Сравнение современных стандартов мобильной коммуникации приведено в табл. 5, 6.

Таблица 5

Сравнение систем 3G и 4G: стандарты

Характеристика	Поколение	
	3G	4G
Особенности	Различные стандарты в регионах мира Совместное использование существующего ранее и вновь создаваемого оборудования	Глобальная мобильность Полностью цифровые сети
Совместимость	Обратная совместимость с 2G	Сохранение совместимости с 3G при повышении производительности более чем в 10 раз
Коммутация	Коммутация каналов, пакетная коммутация	Полностью пакетная коммутация
Архитектура сети	Гибкая сотовая структура с «интеллектуальной» компонентой	Гибридные сети, поддержка Hotspots-архитектур с большой дальностью действия (WLAN, WiFi, Bluetooth)
Частотный диапазон	Регионально различные частоты 1800...2400 МГц	Диапазоны более высоких частот 2...8 ГГц
Доступ	W-CDMA (Wideband Code-Division Multiple-Access), EDGE	OFDM и MC-CDMA (Multi-Carrier CDMA)
Полоса пропускания	5...20 МГц	Более 100 МГц
Интернет, IP	Airlink-протоколы, IPv5.0	IPv4, IPv6
Битовая скорость	384 кбит/с...2 Мбит/с	20...100 Мбит/с

Таблица 6

Сравнение систем 3G и 4G: доступные сервисы

Характеристика	Поколение			
	2G (2000 г.)	2,5G (2003 г.)	3G (2005 г.)	4G (2010 г.)
Технология	GSM TDMA HSCSD	GPRS EDGE	UMTS W-CDMA CDMA-2000	
Эволюция сервисов	Voice FAX SMS	Voice WAP (e-mail) MMS (photo) Интернет (e-Commerce) Телеметрия Телематика	Voice Voice over IP Hotspots Multimedia-Streaming Видеотелефония	
Битовая скорость: теоретически	52,8 кбит/с	172 кбит/с	11 Мбит/с	100 кбит/с
Битовая скорость: практически	9,6 кбит/с	30...40 кбит/с	2 Мбит/с	50 кбит/с
Гарантии QoS	Нет	Нет	Во многих классах сервиса	Во многих классах сервиса
Требования	Покрываете: роуминг	Роуминг данных; безопасность; модели для бизнеса	Обязательное лицензирование; интероперабельность; пользование ресурсами; начисление оплаты за услуги; модели для бизнеса	Регулирование распределения частот; стандартизация

\*\*\*

▲ Битові швидкості UMTS поки ще відносно малі. Для Європи специфічно використання комбінованих UTRA-FDD/UTRA-TDD/GPRS/GSM-приборів, реалізація яких не представляє сьогодні серйозної технічної проблеми.

▲ В якості мереж доступу в городській середі використовуються WLAN, що складають сильну конкуренцію UMTS. Наблюдается інтеграція мобільних систем 3-го покоління, безпроводних локальних 802.11 і городських 802.16 мереж. На текущий період подібні мережі отримали найбільше розв'язання в США, а з 2005 г. будуть введені в дію в Західній Європі.

▲ Інтероперабельність мереж, використання існуючої інфраструктури мобільних, стаціонарних і супутникових мереж приведуть до розрастання сотових архітектур на основі 802.11, 802.16 і 802.20, що підвищать риночні шанси мобільних систем 3-го покоління в Західній Європі і США.

▲ На основі розробки більш досконалих протоколів 2-го, 3-го і більш високих рівнів знизяться потужності передачі, зменшиться інтерференція, підвищиться захищеність даних, будуть розв'язані задачі локалізації, забезпечення якості обслуговування QoS для мобільних додатків, підтримки групових додатків і спільного білінгу різних провайдерів.

▲ Мобільні системи 4-го покоління знаходяться поки ще в початковій стадії розвитку (існують лише окремі приклади їх реалізації в США, Австралії, Японії, Кореї). Конечні цілі розробки неясні. Введення 4G-систем передбачено тільки в 2007–2010 гг. Про оцінку спеціалістів, революційних змін при переході до систем нового покоління не відбудеться. На порядок підвищаться бітові швидкості (до 20...100 Мбіт/с), зростатиме інтероперабельність з безпроводними мережами на основі застосування техніки OFDM, стане можливою передача додатків в режимі реального часу з гарантованим рівнем якості обслуговування через мобільний Інтернет.

## Література

1. Schiller J. *Mobilkommunikation, Techniken für das gegenwartige Internet.*— Addison-Wesley, 2000.— 557 s.
2. Manuskripte zu Lehrveranstaltungen der Professur RN, <http://www.rm.inf.tu-dresden.de/>
3. Schwartz E. *Infoworld.com*, June 16, 2003: <http://www.infoworld.com/>
4. Varshney U. *The Status and Future of 802.11-based WLANs / Georgia State University // Computer Communications.*— 2003.— June.
5. Weiss H. *Drahtloses Netz deckt über 50 Kilometer ab: Industrie will Standard 802.16 zur Verbindung von Hotspots voranbringen // Computerwoche.*— 2003.— № 20.
6. *Focus.*— 2002.— № 34.
7. *Mobilkom Austria:* <http://www.mobilkomautsna.com/fset>
8. *Netant AS / Nordic telecom industry:* <http://www.netant.no>
9. *NTT DoCoMo:* <http://www.nttdocomo.com/>
10. *3G/UMTS:* <http://www.umtsworld.com>
11. *3G/UMTS:* <http://www.roke.co.uk/>
12. *3G/4G:* <http://www.mobileinfo.com>
13. *3G/4G: Deutsche Telekom, T-Systems Detecon & Diebold Consultants:* <http://www.detecon.com/international/index.php>
14. *3G:* <http://www.3g.co.uk>
15. *3G/MC-CDMA:* <http://www.wiley-europe.com/WileyCDA/>
16. *4G Wireless:* <http://users.ece.gatech.edu/~jxie/4G/#REASON>
17. *IEEE 802.11: Computerwoche.*— 2003.— № 8.
18. *IEEE 802 LAN/MAN Committee:* <http://grouper.ieee.org/groups/802/>
19. *IEEE 802.16:* <http://WirelessMAN.org>
20. *Wi-Fi:* <http://www.wi-zone.org>
21. *Wi-Fi:* <http://www.wi-fiplanet.com/columns/article.php/>
22. *Wireless Mobile Glossary:* <http://www.devx.com/>
23. Лунтовский А. О. Мобильная коммерция и мобильный банкинг // *Зв'язок.*— 2002.— № 2.— С. 34–37.
24. Лунтовский А. О. Беспроводные вычислительные сети // *Зв'язок.*— 2002.— № 5.— С. 19–22.
25. Лунтовский А. О. Беспроводный доступ в Интернет // *Зв'язок.*— 2003.— № 6.— С. 25–28.

Г. А. ВАРЕННЯ

## ПЕРЕХІД ДО УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА ГАРАНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

**Наведено підходи до розв'язання питання щодо управління безпекою праці. Проведено їх аналіз з погляду актуальності та ефективності застосування. Запропонована та обґрунтована нова парадигма працезахоронної діяльності.**

У теорії і практиці сучасної працезахоронної діяльності проглядаються два підходи до розв'язання питання про управління безпекою праці в системі людина—виробництво—середовище (ЛВС).

Перший, що склався традиційно, базується на відомому принципі [1] — «реагувати на подію і виправляти становище», в основу якого покладено ідею відстежувати небезпеки виробництва, що виникають, і повністю їх усувати. *Розв'язати це завдання на практиці означає реалізувати за допомогою організаційно-технічних заходів вимогу стосовно досягнення якнайвищого за умов даного підприємства рівня безпеки праці* [1]. І досі вважається, що такий підхід дає змогу [2] цілком виключити кожну як заведено малу небезпеку для життя й здоров'я людини у процесі її трудової діяльності. У теорії охорони праці цей підхід дістав назву концепції «абсолютної безпеки» (рис. 1).

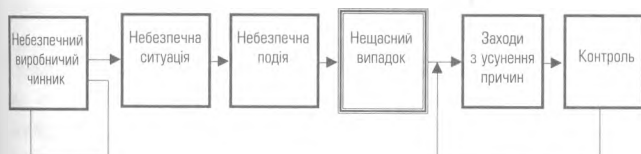


Рис. 1. Алгоритм концепції «абсолютної безпеки»

Другий підхід базується на твердженні, що праця завжди потенційно небезпечна [3], що безпеку варто розглядати не як повну відсутність небезпеки (а отже, і ризику нещасного випадку), а як неодмінну її наявність — властивість системи ЛВС, яку неможливо усунути цілком [4]. Праця та її безпека — явища одного порядку, вони єдині, взаємозалежні і неподільні [5]. Річ у тім, що свобода вибору, якою наділено людину, підпорядкована випадковим розподілам, а через це кожне її втручання в будь-який процес створює потенційну небезпеку. Звідси й випливає аксіома потенційної небезпеки, яку становить діяльність людини, що фактично є наслідком статистичного характеру психічних її реакцій на зовнішні подразники. Точніше, є сенс говорити про потенційну небезпеку, створювану людиною як фактором впливу (діяння) на матеріальне середовище [6].

Цей підхід названо концепцією ризику, різновидом якої є концепція прийняттого (допустимого) ризику (рис. 2).

Проаналізуємо ці підходи на предмет обґрунтованості.

▲ Концепція «абсолютної безпеки», або «нульового ризику», що безроздільно панувала в теорії і практиці охорони праці упродовж

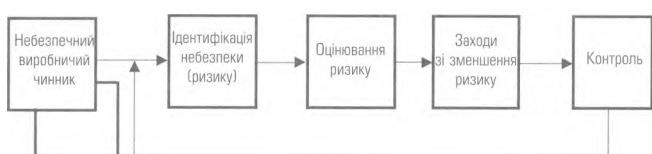


Рис. 2. Алгоритм концепції прийняттого ризику