

ropei, ma si stabiliva anche che quella banda era destinata al GSM in modo esclusivo. Con il passare degli anni, tale tutela normativa nei confronti del GSM si è progressivamente rivelata come un vincolo non giustificato, visto che nel frattempo nuovi e più efficienti sistemi sono stati introdotti all'interno delle reti mobili, quali l'UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) e le sue evoluzioni. L'UMTS, che oggi viene impiegato nelle reti mobili, deve infatti lavorare a frequenze intorno ai 2000 MHz (2GHz), molto sfavorite dal punto di vista propagativo rispetto a quelle più basse a cui lavora il GSM: a 900 MHz, il segnale fa più strada e penetra meglio all'interno degli edifici rispetto ai 2 GHz dell'UMTS.

Pertanto, nel 2007, è stato avviato dalla Commissione europea l'iter finalizzato al ritiro della direttiva 87/372/CEE, che ha trovato il suo compimento nella cosiddetta direttiva *Repealing*, la 2009/114/EC del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 settembre 2009, recante "Modifica della direttiva 87/372/CEE sulle bande di frequenza da assegnare per l'introduzione coordinata del servizio pubblico digitale cellulare paneuropeo di radiotelefonía mobile terrestre nella comunità". La decisione della Commissione 2009/766/CE del 16 ottobre 2009, "relativa all'armonizzazione delle bande di frequenze 900 MHz e 1800 MHz per i sistemi terrestri in grado di fornire servizi di comunicazioni elettroniche paneuropee nella comunità", ha poi introdotto la possibilità di un uso flessibile della banda 900 MHz: ora tale banda può essere impiegata sia con sistemi GSM che con sistemi UMTS o altro sistema mobile compatibile con il GSM (ossia, dal punto di vista dell'interferenza, si deve sapere che problemi possono nascere e come risolverli). A breve sarà dunque possibile riutilizzare tali bande anche per sistemi avanzati di tipo 3G broadband, tra i quali l'UMTS. L'introduzione dei sistemi di tipo 3G nelle bande GSM è comunemente denominato *refarming*.

Parallelamente all'iniziativa comunitaria, si è sviluppata anche quella nazionale. Con la delibera n. 541/08/CONS del 17 settembre 2008, recante "Procedure e regole per l'assegnazione e l'utilizzo delle bande di frequenza a 900 e 2100 MHz da parte dei sistemi di comunicazione elettronica", AGCOM ha previsto un piano per la razionalizzazione dei diritti d'uso della banda a 900 MHz, destinata al servizio radiomobile, ponendo le premesse per l'avvio ordinato del processo di *refarming*. Tale delibera ha esplicitato vari effetti, perché vari erano gli obiettivi delle misure adottate: da un lato, si è inteso porre ordine al quadro delle assegnazioni esistenti, sino a quel momento piuttosto frammentato, in modo da ottenere sia un recupero di efficienza nell'uso dello spettro radioelettrico sia il soddisfacimento di requisiti tecnici per l'avvio del *refarming*; dall'altro lato, si è mirato a ottenere un riequilibrio nella dotazione frequenziale complessiva degli operatori, a cui contribuirà anche la redistribuzione, a valle del piano di razionalizzazione, della banda a 900 MHz fra i diversi operatori. Infatti, attraverso tale sistemazione d'insieme della banda a 900 MHz, si otterrà un uso più efficiente dello spettro e i gestori potranno raggiungere 25 MHz complessivi di banda nazionale, cumulando le bande dei 900 e dei 1800 MHz, in linea con la media europea.

Per quanto riguarda la razionalizzazione della banda a 900 MHz, gli attuali tre gestori del servizio mobile GSM (ossia Telecom Italia, Vodafone e Wind), hanno presentato un piano di razionalizzazione (nel seguito "il Piano"), sul quale l'AGCOM, con nota prot. 0001942 del 15 gennaio 2009, ha rilasciato parere positivo. Il Piano è stato poi approvato dal MISE – Dipartimento per le comunicazioni, che in data 11 febbraio 2009 ha emanato, secondo quanto previsto dall'articolo 3, comma 3, della delibera n. 541/08/CONS, il provvedimento definitivo, al quale di solito viene fatto riferimento con la denominazione di "Determina".

Il Piano consta di due fasi: la prima (fase A), è volta a eliminare, in termini di

allocazione dello spettro, la frammentazione territoriale e a ricompattare in bande contigue le assegnazioni ai diversi gestori (solo Wind rimane con due blocchi separati di frequenze); la successiva fase B è volta alla progressiva liberazione, su base territoriale, di un blocco di frequenze da 5 MHz, nonché l'effettivo ricompattamento in bande contigue delle frequenze di ogni operatore.

La Determina emanata dal Ministero definisce il calendario di attuazione del Piano, che consente di procedere all'assegnazione dei diritti d'uso del blocco a 900 MHz per le tecnologie di tipo 3G, come previsto al punto n. 26 nella Premessa della delibera. In particolare, in tale calendario è fissata al 30 novembre 2009 la conclusione della fase A e al 31 dicembre 2013 quella della fase B, cioè la data ultima e tassativa entro cui i gestori GSM renderanno disponibile il blocco da 5 MHz su base nazionale per la nuova assegnazione, come richiesto sia dal punto n. 25 in Premessa che dall'articolo 3 comma 5 della delibera.

Nel rendere operativo il Piano, il Ministero ha l'obbligo di svolgere azioni di garanzia e di controllo, atte a ottemperare alcuni requisiti specifici previsti dalla delibera e dalla Determina. In accordo con quanto previsto al punto 8 della Determina, il Ministero ha facoltà di avvalersi, con oneri a carico dei gestori, di soggetti esterni per le attività di verifica e controllo e per il monitoraggio delle fasi previste dal calendario di attuazione.

Per questi motivi, e in virtù di quanto previsto dall'art.41 della legge 3/2003 e sue modificazioni, il Ministero dello sviluppo economico, con comunicazione del 31 luglio 2009, ha dichiarato di volersi avvalere del supporto tecnico, scientifico, operativo, logistico e di comunicazione della FUB ai fini dello svolgimento delle attività di verifica e controllo e di monitoraggio delle fasi previste dal calendario di attuazione. Nei mesi successivi del 2009 sono state perciò messe a punto le relative Convenzioni fra FUB e i tre gestori GSM: Telecom Italia, Vodafone e Wind. A partire dall'ottobre 2009, FUB ha avviato il relativo Tavolo Tecnico che ha visto la partecipazione, oltre che di rappresentanti di FUB e dei tre gestori GSM, anche di rappresentanti del Ministero dello sviluppo economico.

I COMPITI DEL TAVOLO TECNICO ATTUATI NEL 2010

I compiti del Tavolo Tecnico per la riorganizzazione della banda 900 MHz sono stati evidenziati nel punto 8 della Determina e nella comunicazione del 31 luglio 2009; essi consistono nelle attività di verifica e controllo e di monitoraggio delle fasi A e B previste dal calendario di attuazione della Determina stessa.

Fin dalla prima riunione del Tavolo Tecnico, in data 21 ottobre 2009, le attività sono state anzitutto rivolte alla verifica, al controllo e al monitoraggio della fase A, la cui conclusione era prevista per il 30 novembre 2009, sia per quanto riguarda la sua corretta attuazione sia in riferimento ai relativi adempimenti tecnici e formali. Questa attività è di seguito individuata come "Monitoraggio della fase A".

A tale attività, resasi impellente per il maturare di alcune scadenze temporali previste dalla Determina, si sono poi aggiunte, nel corso del 2010, altre incombenze riguardanti lo studio e la definizione delle metodiche idonee ad attuare un adeguato processo di verifica e controllo dell'intero processo di riorganizzazione della banda 900 MHz. In tal senso, si sono individuate come fondamentali altre due tipologie di verifiche e controlli da attuarsi al momento dell'effettivo processo di refarming della banda, cioè al momento della sostituzione di porzioni di banda sino a quel momento occupate da portanti GSM con un'unica portan-

te UMTS (che avendo un'ampiezza di banda di 5 MHz richiede lo spegnimento di 25 portanti GSM, la cui ampiezza - come è noto - è pari a 200 KHz).

La prima attività di verifica e controllo ha origine da uno dei criteri evidenziati dalla delibera n. 541/08/CONS, che al n. 33 delle Premesse riporta: «Gli operatori GSM devono in ogni caso, anche qualora autorizzati al refarming, garantire la tutela dell'utenza che dispone di soli terminali GSM, assicurando l'idoneo supporto e la qualità del servizio almeno fino al termine delle attuali licenze GSM, tenuto anche conto che il refarming è una possibilità e non un obbligo per gli operatori interessati». Questa attività verrà descritta nel seguito come "Tutela dell'utenza solo GSM".

L'altra attività affrontata nel corso del 2010 riguarda una seconda misura "per favorire l'ingresso del nuovo entrante nell'uso delle tecnologie a 900 MHz, al fine di limitare i possibili vantaggi competitivi per gli altri operatori derivanti dalla futura autorizzazione al refarming, e consistenti nella diversa tempistica con cui i vari operatori potranno avviare l'offerta con tecnologie di tipo 3G con frequenze proprie", prevista dalla delibera n. 541/08/CONS e come riportato al n. 30 delle Premesse. Essa perciò consiste nell'"offerta del *roaming* obbligatorio 3G sulle reti degli operatori esistenti GSM al momento dell'autorizzazione del refarming". Il *roaming* 3G dovrebbe essere quindi offerto, secondo quanto permesso dalla tecnologia, di preferenza sulle reti a 900 MHz. Nel seguito, tale attività è perciò identificata come "Roaming obbligatorio", inteso come obbligo, per un gestore che proceda a fornire ai propri clienti l'UMTS nella banda 900 MHz, di "ospitare" sulle proprie reti anche i clienti di altro operatore nuovo entrante nelle tecnologie a 900 MHz.

MONITORAGGIO DELLA FASE A

Considerato che la data ultima per il completamento della Fase A del Piano, che prevedeva la riallocazione temporanea della banda funzionale all'avvio del piano di razionalizzazione, era il 30 novembre 2009, FUB ha intrapreso, a partire dal 10 dicembre 2009, le attività di verifica, controllo e monitoraggio che le erano state richieste.

Tali attività sono state sviluppate in tre direzioni:

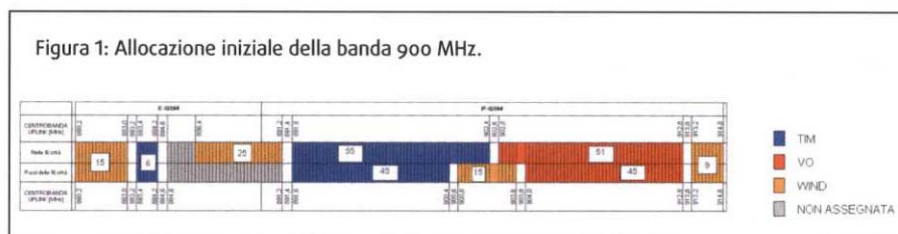
- analisi delle relazioni illustrative presentate dalle Società Telecom Italia S.p.A., Vodafone Omnitel N.V. e Wind Telecomunicazioni S.p.A. circa le procedure poste in essere per quanto attiene alla fase A;
- monitoraggio della situazione presente sul territorio nazionale mediante campagne di misura a campione in un'adeguata porzione del territorio nazionale;
- verifica e controllo della corrispondenza fra quanto misurato sul campo e quanto previsto al termine della fase A.

A tal fine, è stata predisposta una campagna di misure, organizzata da FUB ed eseguita nel mese di febbraio 2010, per la verifica degli adempimenti della fase A di razionalizzazione della banda a 900 MHz. L'obiettivo delle misure era la verifica che tutti i canali utilizzati in data successiva al 30 novembre 2009 da ognuno degli operatori radiomobili GSM (TIM, Vodafone e Wind) fossero inclusi nella banda ad esso assegnata a seguito della riorganizzazione.

LA SITUAZIONE INIZIALE E FINALE DELLA BANDA

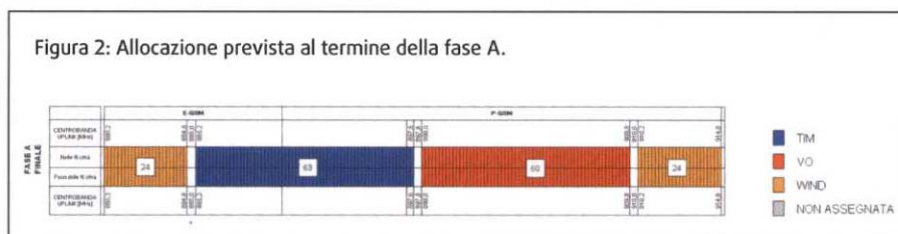
La fase A prevedeva la riallocazione temporanea dell'intera banda GSM900 tra i gestori GSM esistenti funzionale all'avvio del piano di razionalizzazione. Tale

fase si è articolata in 10 diversi passi che, partendo dalla situazione iniziale indicata nel sub Allegato 1 della Determina (Figura 1), hanno portato alla data del 30 novembre 2009 alla situazione rappresentata nel sub Allegato 2 della Determina (Figura 2). Il piano tecnico con i 10 passaggi è contenuto nel sub Allegato 3 della Determina.



Al termine delle suddette fasi, le porzioni di spettro in banda 900 MHz (al netto delle bande di guardia) a disposizione dei gestori GSM esistenti, a partire dal 30 novembre 2009, erano i seguenti:

- Telecom Italia: 63 canali (12.6 MHz)
- Vodafone: 60 canali (12 MHz)
- Wind: 48 canali (9.8 MHz)



Le misure sono state effettuate su veicoli in movimento attraverso alcune città e tratti stradali, trasportando all'interno dei veicoli un analizzatore di rete per la misura dei segnali GSM collegato a un'antenna posta sul tetto del veicolo. I dati relativi alle misure prodotti dallo strumento sono stati elaborati da FUB.

LA CAMPAGNA DI MISURE

In accordo con la definizione degli adempimenti della fase A, l'obiettivo della campagna di misure consisteva essenzialmente nella verifica che, alla scadenza della fase A, gli operatori GSM (TIM, Vodafone, WIND) operassero solo su canali nelle bande a loro assegnate (Figura 2), avendo abbandonato ogni canale precedentemente utilizzato (Figura 1) che non vi rientrasse. L'effettivo utilizzo di tutti i canali assegnati o la misura di parametri di qualità esulavano pertanto dagli scopi di questa campagna di misura.

La Fase A di razionalizzazione della banda a 900 MHz ha riguardato l'intero territorio nazionale. Al fine di verificare tramite misure l'effettivo adempimento, si è stabilita una campagna di misure in alcune città campione, situate nel Nord, Centro e Sud Italia; le città incluse nelle misure variano da aree metropolitane come Milano e Roma a piccoli capoluoghi come Matera e Macerata. Il numero e l'estensione delle aree oggetto di misura sono stati scelti conciliando la disponibilità di

Figura 3: Percorsi compiuti durante la campagna di misura.



tempo e risorse con una distribuzione di rilevazioni sufficiente per una ragionevole estensione dei risultati a tutto il territorio nazionale.

In ogni città, le misure sono state eseguite percorrendo tutto il territorio urbano e parte di quello extraurbano, nell'arco di diverse ore; in questo modo, è ragionevole ritenere di aver rilevato tutti i canali utilizzati nel territorio cittadino. Inoltre, le misure sono state eseguite anche lungo alcuni tratti autostradali utilizzati per gli spostamenti. Gli effettivi percorsi compiuti con gli strumenti di misura funzionanti sono indicati nella Figura 3, in base ai valori di coordinate geografiche forniti dal rilevatore GPS presente nello strumento e registrati per ogni singola misura.

I file con le registrazioni dei dati forniti dagli strumenti di misura, per ogni tratta oggetto di osservazione, sono stati successivamente elaborati. Tale elaborazione, che ha considerato tutti i dati misurati disponibili, ha fornito i seguenti output: per ogni tratta, oltre alle coordinate di ogni punto di misura, l'elenco completo dei canali di interesse rilevati per ognuno dei tre operatori. I valori di campo ricevuti non sono stati considerati nell'elaborazione in quanto non inerenti agli scopi della campagna di misura.

A conclusione di tali attività, FUB è stata perciò in grado di verificare la congruenza di quanto previsto al termine della fase A del piano di razionalizzazione con quanto effettivamente risultante sul territorio nazionale; ciò ha consentito di fornire una risposta positiva in merito all'attuazione del piano secondo i termini concordati e stabiliti all'interno della Determina.

TUTELA DELL'UTENZA SOLO GSM

Si è già ricordato come, al n. 33 delle Premesse, la delibera AGCOM preveda una tutela verso gli utenti che dispongono di terminali solo GSM al momento dell'avvio delle operazioni di refarming. Si ricordi infatti che con tale operazione si sostituiscono porzioni di banda sino a quel momento occupate da portanti GSM

con un'unica portante UMTS; in particolare, poiché ogni portante UMTS occupa un'ampiezza di banda pari a 5 MHz, mentre ogni portante GSM ha un'ampiezza pari a 200 KHz, l'accensione di una portante UMTS comporta l'impossibilità di utilizzare 25 portanti GSM sul totale complessivamente disponibile per quel gestore GSM.

Il numero di portanti radio disponibili nelle reti GSM 900 e 1800 è riportato nella Tabella 1 per i diversi gestori GSM, evidenziando per il GSM 900 il numero di portanti complessivamente disponibili prima e dopo l'introduzione di una portante UMTS a 900. In base alle portanti disponibili e al riuso frequenziale impiegato da ogni operatore, è quindi possibile individuare il numero (medio) di canali per cella a disposizione nelle reti GSM 900 e 1800. Queste sono le risorse a disposizione dei singoli gestori per soddisfare il traffico degli utenti che dispongono di terminali solo GSM.

Tabella 1: Numero di portanti nel GSM 900 prima e dopo introduzione UMTS a 900.

<i>Numero totale di portanti disponibili per ogni operatore</i>	<i>GSM 900 MHz PRIMA</i>	<i>GSM 900 MHz DOPO</i>	<i>GSM 1800 MHz</i>
TIM	63	38	74
VODAFONE	60	35	74
WIND	48	23	74

Come parametri di qualità da porre sotto osservazione si poteva scegliere fra quelli a cui fanno riferimento gli operatori mobili nella loro Carta dei Servizi, ossia nella loro relazione semestrale ad AGCOM relativa all'indicazione dei propri standard minimi per ciascun comparto di attività, e disciplinati dalla delibera n. 104/05/CSP recante «Approvazione della direttiva in materia di qualità e carte dei servizi di comunicazioni mobili e personali, offerti al pubblico su reti radiomobili terrestri di comunicazione elettronica, ai sensi dell'articolo 1, comma 6, lettera b), numero 2, della legge 31 luglio 1997, n. 249». Fra i parametri tecnici ivi riportati, si trovano l'*Accessibilità al servizio GSM*, la *Probabilità di mantenimento della connessione* e la *Probabilità di trasferimento degli SMS al centro SMS*. Per quanto riguarda quest'ultimo parametro, si è valutato che non venisse particolarmente influenzato dall'operazione di refarming, trattandosi di un servizio non real-time. L'accessibilità al servizio GSM è stata ritenuta un buon indicatore di un eventuale peggioramento della qualità per coloro che dispongono di terminale in sola tecnologia GSM, essendo il degrado direttamente attribuibile alle minori risorse spettrali disponibili per il GSM, dopo il refarming. Invece, il calcolo pur semplificato della probabilità di mantenimento della connessione, oltre a richiedere valutazioni di complessità superiore, aveva anche l'inconveniente di risultare più direttamente legato a scelte di pianificazione locale del singolo gestore e perciò meno indicativo nel suo complesso.

Si è quindi predisposto un modello semplificato che consentisse alcune valutazioni teoriche relative all'effetto dell'introduzione dell'UMTS nella banda a 900 MHz, e in particolare come tale intervento modificasse la probabilità di blocco per gli utenti solo GSM. L'obiettivo finale era individuare, prima dell'introduzione dell'UMTS a 900 MHz, gli scenari generali di traffico indipendenti dalla pianificazione specifica di ciascun operatore, che garantissero un valore della probabilità di blocco accettabile per utenti GSM anche dopo l'eventuale introduzione dell'UMTS a 900 MHz.

La definizione di tali scenari di riferimento dipende dalla scelta dei parametri

di traffico e dell'ambiente di propagazione. In particolare, per quanto riguarda la tipologia di terminali che gli utenti possono utilizzare, si sono individuate 3 diverse classi:

- a) terminali solo GSM
- b) terminali UMTS (oltre che GSM) che non lavorano nella banda a 900 MHz
- c) terminali UMTS (oltre che GSM) che lavorano nella banda a 900 MHz

Le reti disponibili, che le diverse classi di terminali - a), b), c) - possono utilizzare, sono la rete cellulare GSM a 900 MHz e la rete cellulare GSM a 1800 MHz, tipo a), b) e c); la rete UMTS a 2.1 GHz, tipo b) e c); la rete UMTS a 900, tipo c) nello scenario futuro di refarming della banda GSM a 900 MHz. Gli utenti che dispongono di terminali solo GSM potranno collegarsi alla reti GSM 900 o 1800 mentre gli utenti con terminali UMTS operanti solo nella banda a 2.1 GHz non potranno utilizzare le eventuali risorse messe a disposizione per UMTS nella banda a 900 MHz. Alle diverse tipologie di terminali è associata una determinata percentuale di traffico rispetto al traffico totale, come evidenziato nella Tabella 2, dove α rappresenta la percentuale di traffico con terminali solo GSM e γ rappresenta la percentuale di utenti con terminali UMTS che non operano a 900 MHz.

Tabella 2: Frazione di traffico associato alle diverse tipologie di terminale.

Tipologia di Terminale	Frazione	Rete dove può operare
Solo GSM (GSM)	α	GSM 900 ; GSM 1800
GSM + UMTS solo a 2.1 GHz (UMTS 2100)	$\gamma * (1-\alpha)$	GSM 900 ; GSM 1800 UMTS 2100
GSM + UMTS anche a 900 MHz (UMTS 900)	$(1-\gamma) * (1-\alpha)$	GSM900 ; GSM1800 UMTS 2100 ; UMTS 900

Il traffico può essere generato dalle tre classi di terminali in diversi ambienti (es. indoor o outdoor) e in diverse condizioni di propagazione (es. difficoltà di copertura in ambienti indoor). Per tener conto di queste situazioni, nella definizione dello scenario di riferimento si introduce un ulteriore parametro β (Tabella 3), che quantifica la percentuale di utenti in ambienti indoor che possono operare solamente a 900 MHz per problemi di copertura.

Tabella 3: Tipologie di ambienti.

Tipologia di Copertura	Indoor solo a 900 MHz	Outdoor + Indoor a 1.8 / 2.1 GHz
Probabilità	β	$(1-\beta)$

Sulla base di ulteriori ipotesi sul tipo di riuso frequenziale che potrebbe venire impiegato dai diversi operatori, si è quindi studiata la dipendenza della probabilità di blocco dopo l'introduzione dell'UMTS a 900 MHz, dalla probabilità di blocco prima di tale operazione. Si è individuato, in una certa zona e per diversi scenari fra quelli sopra esposti, quale può essere la situazione limite che si può avere prima, in termini di accessibilità al servizio, perché si possa ritenere che, dopo l'introduzione dell'UMTS, gli utenti che dispongono di un terminale solamente GSM non debbano sopportare un valore di inaccessibilità superiore al 2%, assunto come valore limite perché la qualità del servizio risulti ancora accettabile.

ROAMING OBBLIGATORIO

La delibera n. 541/08/CONS torna ripetutamente sul tema del roaming obbligatorio, dedicandovi oltre all'intero articolo 11 ("Roaming") anche i seguenti passaggi nelle Premesse:

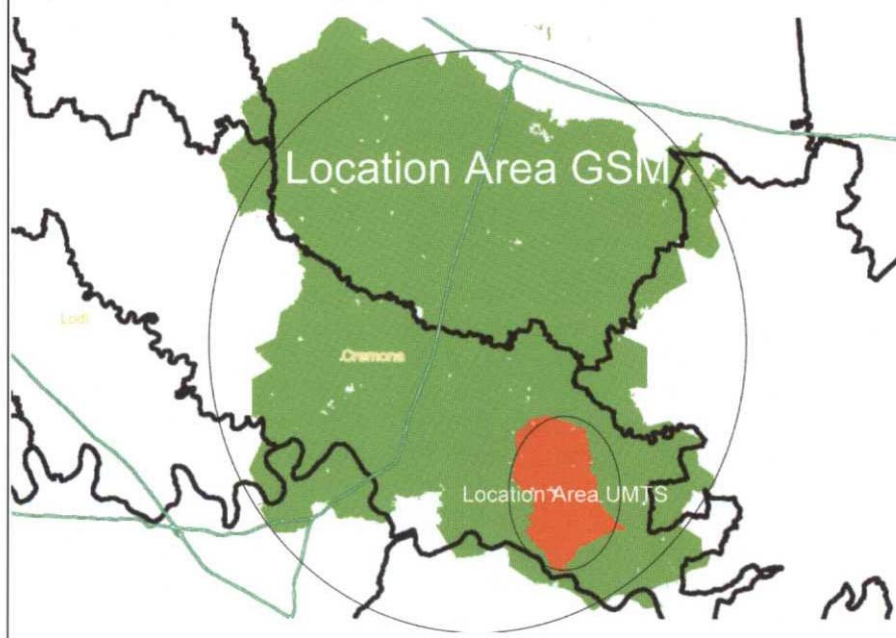
- "al fine di limitare possibili svantaggi iniziali derivanti da un ritardo di ingresso dei nuovi soggetti" (n. 38)
- "il roaming 3G dovrebbe essere quindi offerto, secondo quanto permesso dalla tecnologia, di preferenza sulle reti a 900 MHz" (n. 30)

Si tratta dunque di una misura che l'AGCOM pone come obbligatoria al fine di limitare possibili svantaggi iniziali e che suggerisce di offrire di preferenza sulle reti a 900 MHz, "nei limiti della fattibilità tecnica" (art.11 comma 2c).

Nell'ambito del Tavolo Tecnico si è perciò affrontata tale problematica, avendo come vincoli, da un lato, l'obbligo di fornire il roaming preferenzialmente a 900 MHz e, dall'altro, la relativa fattibilità tecnica.

Lo strumento tecnico utilizzato per fornire il Roaming Nazionale è quello delle Location Area (LA); nel nostro caso, perciò, per poter concedere il roaming nazionale distintamente sulla tecnologia UMTS (e non in modo indifferenziato su GSM e UMTS) è necessario utilizzare LA differenti per le due tecnologie. In altre parole, una stazione base GSM e una UMTS che insistono sulla stessa area devono avere differenti Location Area Code (i codici che distinguono una LA dall'altra). La rete degli operatori 2G/3G è stata configurata sin dall'inizio, sotto la spinta di diverse motivazioni tecniche, in modo tale da differenziare le LA delle reti 2G e 3G (Figura 4).

Figura 4: Esempio di distribuzione geografica Location Area GSM, Location Area UMTS.



Questa configurazione delle attuali reti mobili, da una parte, offre una maggiore adattabilità alla definizione e alla soluzione dell'offerta di roaming obbligatorio al nuovo entrante; d'altra parte impone alle reti mobili una struttura già sufficientemente complessa, che obbliga quindi ad accurate e ponderate rifles-

sioni nel momento in cui la si volesse gravare di ulteriori oneri tecnici.

Si è perciò cercato di delineare i diversi possibili scenari connessi all'offerta del roaming obbligatorio, esaminando al contempo i criteri che presiedono alla valutazione di fattibilità tecnica. Fra i criteri si sono evidenziati i seguenti:

- minimizzazione delle procedure di *Location Area Update* (LAU), cioè quelle procedure richieste al terminale nel momento in cui si trasferisce da una LA a un'altra. Queste procedure comportano la non raggiungibilità del terminale mobile per il tempo necessario alla loro realizzazione, che è tipicamente dell'ordine di 5-10 secondi, che va a sommarsi al tempo necessario per la procedura preliminare di *Cell Reselection*, anch'essa stimabile nell'ordine di alcuni secondi;
- maggiore autonomia delle batterie dei terminali mobili, conseguenza diretta della minimizzazione delle procedure di LAU;
- ottimizzazione del carico dei canali di segnalazione delle reti 2G e 3G.

In altri termini, l'introduzione di nuove LA non può essere di per sé considerata un fattore di incremento della qualità del servizio per il generico utente, in quanto, da un lato, ciò potrebbe tradursi in un maggior tasso di non raggiungibilità (allorché il mobile dovesse dedicare troppo tempo a procedure di LAU) e, dall'altro, ciò potrebbe comportare un maggior consumo di risorse di segnalazione (risorse che avrebbero potuto essere utilizzate diversamente, ad esempio, come risorse dedicate al traffico).

Da queste considerazioni, si evince che la fattibilità tecnica di concedere Roaming Nazionale 3G nella sola banda 900 MHz, richiederà una valutazione sulla base della configurazione locale della rete del singolo operatore. In funzione della distribuzione delle celle 2G, 3G nella banda 2100 MHz e 3G nella banda 900 MHz nell'area soggetta a refarming, possono presentarsi, infatti, diversi scenari nei quali la concessione del roaming nazionale 3G sulla sola banda 900MHz può considerarsi più o meno critica dal punto di vista della fattibilità tecnica.

Al momento dell'attivazione del refarming, si dovrà quindi esaminare localmente la rete dell'operatore e analizzare a quale di questi possibili scenari si sarà più prossimi o in condizioni più simili, per valutare la fattibilità tecnica di attivazione a 900 MHz del roaming UMTS.

CONCLUSIONI

Nel corso del 2010, il Progetto ha realizzato i compiti di verifica e controllo per quanto riguarda la fase A del Piano di riorganizzazione, che ha trovato il suo compimento operativo il 30 novembre 2009, mentre quello formale si è concluso nella prima settimana di dicembre 2009, con la consegna da parte dei tre operatori della relazione relativa alla realizzazione della fase A al Ministero. Su entrambi gli aspetti, FUB ha espresso il proprio parere motivato e ha realizzato le appropriate campagne di misura per la verifica della corretta attuazione. Ha inoltre affrontato diverse tematiche presenti all'interno della normativa e della regolamentazione rilevante, con l'intento di offrire strumenti di valutazione tecnici adeguati e criteri di analisi consoni con le possibili questioni tecniche che potrebbero nascere.

L'attività del Tavolo Tecnico attivato per seguire l'intero procedimento e il corretto e ordinato svolgimento delle procedure prevede la propria naturale conclusione il 31 dicembre 2013, quando la banda di 5 MHz, destinata all'operatore nuovo entrante nella banda 900 MHz, sarà stata completamente liberata e resa disponibile per il suo uso sull'intero territorio nazionale. Tappe intermedie di questo processo di riorganizzazione sono state previste dal Piano anche per gli anni 2011 e 2012.

SPERIMENTAZIONE DELLA VERBALIZZAZIONE AUTOMATICA

RESPONSABILE

ANDREA PAOLONI

La verbalizzazione non si limita a rendere per iscritto quanto pronunciato oralmente, ma è un'attività complessa di trattamento intellettuale e linguistico della manifestazione del pensiero al fine di renderlo pubblico per destinatari diversi e con diversi obiettivi. Nel caso degli interventi nelle aule parlamentari il resocontista rielabora e riaggusta il testo per renderlo inappuntabile dal punto di vista linguistico e dello stile. Nel caso della verbalizzazione giudiziaria questo non avviene e non deve avvenire; tuttavia, per rendere comprensibile il testo trascritto, il resocontista è obbligato a inserire la punteggiatura e, almeno in alcuni casi, a eliminare le ripetizioni, gli allungamenti vocali (erooooo...), gli anacoluti, ecc.

Poiché, come noto, la scrittura non può esprimere tutte le informazioni contenute nel discorso orale, il miglior modo per capire esattamente alcuni passi delicati di un'udienza è quello di ascoltare direttamente l'audio. Pertanto una trascrizione multimediale, con audio e testo sincronizzati è a nostro avviso il mezzo migliore per memorizzare e/o verbalizzare l'udienza. Naturalmente il testo sarà provvisto di etichette contenenti i metadati relativi all'udienza, ovvero il numero del procedimento e i nomi delle persone che intervengono (giudici, avvocati, testimoni, ecc.), oltre che la data e l'ora in cui l'udienza è stata tenuta.

La DGSIA (Direzione Generale per i Sistemi Informativi Automatizzati) del Ministero della giustizia ha affidato a FUB la realizzazione di un progetto di sperimentazione di un sistema di verbalizzazione automatica mirato ad ottenere, mediante sistemi di trascrizione automatica, un verbale multimediale che contenga il segnale audio originale sincronizzato con la sua trascrizione.

OBIETTIVO DEL PROGETTO

Al fine di contenere il costo della resocontazione delle udienze e di fornire un migliore servizio agli operatori di Giustizia, si ritiene opportuno e utile sperimentare una verbalizzazione multimediale che consenta di reperire e ascoltare facilmente i tratti di interesse del segnale audio, nella prospettiva di rinunciare alla trasposizione fedele dell'audio su supporto cartaceo. Il verbale multimediale dovrebbe essere reso disponibile già al termine dell'udienza. Nella fase di transizione (e durante la sperimentazione) sarà reso disponibile, nella giornata successiva, anche un verbale multimediale in cui il testo mantenga gli attuali standard di qualità in termini di fedeltà del testo all'audio. La fruibilità del verbale multimediale e le modalità di sincronizzazione sono anch'esse oggetto di sperimentazione.

FASI DEL PROGETTO

Già nel 2009, FUB ha guidato un esperimento volto a verificare l'utilizzabilità dei sistemi ASR (*Automated Speech Recognition*) per verbalizzare le udienze penali. A seguito di quella sperimentazione e di diversi tavoli tecnici alla presenza di ditte interessate alla verbalizzazione giudiziaria, di rappresentanti del Ministero della giustizia e della stessa FUB, si è avviata una nuova sperimentazione sotto l'egida del presente Progetto. Eccone, in sintesi, le fasi principali.

Supporto al tavolo tecnico sui servizi di verbalizzazione: come prima accennato, la sperimentazione della verbalizzazione automatica è stata preceduta da numerosi incontri tecnici volti a definirne la portata e l'organizzazione; FUB ha fornito un supporto tecnico agli incontri.

Predisposizione di un protocollo di sperimentazione: prima di avviare la sperimentazione, FUB, in accordo con il Ministero della giustizia, ha predisposto un protocollo contenente la definizione dell'oggetto della sperimentazione e delle modalità di esecuzione della stessa.

Predisposizione di un questionario per gli utenti: tra le indicazioni contenute nel suddetto protocollo, vi era anche la predisposizione di un questionario per gli utenti (giudici, avvocati e cancellieri) che avrebbero partecipato alla sperimentazione, al fine di verificare la disponibilità degli utenti a nuove modalità di verbalizzazione.

Stesura della relazione finale sulla sperimentazione: al termine della sperimentazione, FUB ha provveduto a stendere un rapporto dettagliato che è stato trasmesso al Ministero della giustizia. Il rapporto contiene anche i contributi delle ditte coinvolte nella sperimentazione.

BREVE SINTESI DEL RAPPORTO FINALE E RISULTATI DELLA SPERIMENTAZIONE

Alla luce degli obiettivi della sperimentazione, la relazione finale illustra: l'attuale situazione del sistema di verbalizzazione delle udienze penali; la sperimentazione effettuata da quattro diverse ditte in quattro tribunali diversi durante le normali attività di una Corte in composizione monocratica; i risultati emersi e le indicazioni deducibili in funzione di una nuova modalità di verbalizzazione. Il capitolo conclusivo del documento, sia sulla base delle informazioni rese disponibili nel corso della sperimentazione, sia sulla base dei risultati della sperimentazione stessa, fornisce alcune indicazioni di cui l'Amministrazione giudiziaria può tener conto nella definizione di specifiche tecniche relative alla verbalizzazione nelle aule.

LA SITUAZIONE ATTUALE

Ad oggi, nel processo penale la verbalizzazione (ossia la trasformazione del segnale audio nel testo corrispondente) viene realizzata con stenotipia in circa il 28% delle udienze, con fonoregistrazione e successiva trascrizione in circa il 52%

delle udienze e con sola fonoregistrazione e/o verbalizzazione manuale nei restanti casi. La ditta incaricata (si tratta attualmente di due consorzi) ha 48 ore per consegnare la trascrizione e l'audio su CD o DVD. Stante la difficoltà di leggere il CD/DVD e più ancora di trovare – nella traccia audio – il punto di eventuale interesse ai fini del processo, di fatto viene usata la sola trascrizione, nonostante sia ben noto che il miglior modo per capire esattamente alcuni passi delicati di un'udienza è certamente quello di ascoltare direttamente l'audio. La trascrizione dell'udienza è poi inserita, a cura dei trascrittori, in un portale gestito da Poste Italiane. Nel portale, tuttavia, non è possibile effettuare ricerche utilizzando il contenuto delle udienze stesse, ad esempio il nome di un testimone o il nome di una persona o di un luogo citati in un interrogatorio.

LA RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE DITTE COINVOLTE

Al termine della sperimentazione, le ditte coinvolte hanno inviato una relazione in cui venivano descritte la situazione attuale della trascrizione delle udienze, le problematiche connesse con la sperimentazione e la procedura adottata per raggiungere i risultati illustrati, in particolare la modalità di sincronizzazione e le proposte per migliorare il servizio contenendo i costi.

QUESTIONARI FINALI PER GLI UTENTI

È stato predisposto un questionario per i magistrati e i cancellieri che hanno preso parte alla sperimentazione attraverso cui esprimere un giudizio sul risultato della stessa. Com'era prevedibile, la quasi totalità dei partecipanti vorrebbe disporre sia del verbale multimediale, con testo e audio sincronizzati, sia di una versione corretta del trascritto.

CONSIDERAZIONI SULLE RISULTANZE DELLA SPERIMENTAZIONE

Da quanto emerso dalla sperimentazione, possono dedursi le seguenti osservazioni:

Qualità dell'audio: per poter generare un prodotto multimediale di buona qualità, è necessario disporre di un audio di buona qualità; il file multimediale, infatti, è la compilazione di una registrazione e della sua trascrizione.

Mancata assistenza: qualora si adotti la soluzione, molto conveniente da più punti di vista, di utilizzare un solo fonico per più aule, si crea il problema di un intervento di assistenza non tanto in caso di eventuali guasti alle apparecchiature, quanto piuttosto per evitare un uso improprio delle stesse. Ad esempio, se un avvocato non parla in prossimità del microfono, come può intervenire il fonico per chiedergli di ripetere quanto già detto?)

Qualità della trascrizione: è un punto critico poiché la rispondenza della trascrizione a quanto viene effettivamente detto può variare in maniera significativa al variare del parlante e del segnale audio; quindi non interessa solamente il valore medio, ovvero la qualità media che il sistema ASR è in grado di produrre, ma anche il livello minimo di qualità garantito nelle condizioni peggiori che, come è stato già detto, possono essere conseguenza di un segnale non ben registrato (ad esempio, di livello troppo basso), o di un parlante non madrelingua (o con forte inflessione dialettale).

Tracce informatiche: il segnale audio – nel transitare nell'ASR e, successivamente, nei computer dei redattori che provvedono a correggerlo per giungere, infine, al portale dove sarà inserito per la consultazione da parte del personale autorizzato – lascia tracce di sé nei vari sistemi di elaborazione; pertanto, dovranno essere adottate misure atte a eliminare tali tracce nella catena di computer che è stata utilizzata per generare il file multimediale.

Distribuzione del file: il file multimediale dovrà essere inserito su un portale web per poter essere scaricato dagli aventi diritto. È dunque importante garantire contemporaneamente una facilità di accesso al file e un'elevata sicurezza (accesso riservato solo agli aventi diritto).

Trascrizione dei dialetti e dell'Italiano L2: in merito alla trascrizione dei dialetti e dell'Italiano L2 (ossia non madrelingua), si osserva preliminarmente che, secondo la legge, il dibattimento deve avvenire in Italiano. Tuttavia, ove sia ammesso il dialetto, è possibile “addestrare” un ASR per la sua trascrizione; allo stesso modo è possibile specializzare un ASR per una versione dell'Italiano diversa da quella standard, ad esempio per la pronuncia di un non madrelingua.

VALUTAZIONE DEI BENEFICI ATTESI

Un primo obiettivo della proposta è quello di uniformare e standardizzare i modi e i metodi di verbalizzazione dei procedimenti penali. Si ricorda che, nella situazione attuale, vi sono tribunali che utilizzano la stenotipia in ogni aula e per quasi ogni tipologia di processo, mentre in altri ci si limita alla registrazione; nella maggioranza dei procedimenti però si procede con fonoregistrazione e successiva trascrizione. Inoltre, l'utilizzo da parte dei magistrati del file audio è del tutto episodico, si potrebbe dire trascurabile, e questo per la difficoltà di reperire il tratto audio che si desidera ascoltare. Nella nuova architettura, il tratto che si desidera ascoltare sarà facilmente reperibile e quindi il suo ascolto incoraggiato. Altro vantaggio evidente è che – nell'organizzazione proposta – magistrati, avvocati e altro personale abilitato potranno accedere online da qualsiasi luogo (in Italia o all'estero) ai file audio opportunamente organizzati e indicizzati in database accessibili attraverso un portale web. Il risultato sarebbe ancora più interessante e utile qualora si prevedesse la possibilità di disporre dell'intero fascicolo in formato elettronico. I benefici si possono quindi sintetizzare in: riduzione dei costi; migliore garanzia di corretta fruizione del materiale disponibile; disponibilità del verbale dovunque e in qualsiasi ora; sicurezza.

CRITICITÀ DELLA TECNOLOGIA ASR

Gli ASR di nuova generazione sono tutti di tipo indipendente dal parlatore con prestazioni superiori al 90% di trascrizione corretta. Tuttavia, essi presentano delle problematiche intrinseche, in particolare:

- la distribuzione di errori di trascrizione è disomogenea, presenta cioè tratti correttamente trascritti e altri completamente errati;
- in presenza di errore, la trascrizione è del tutto inaffidabile (es.: *due anziani* invece di *Ponziani*);
- se viene richiesta la disponibilità in tempo reale (consegna del file multimediale al termine dell'udienza) in tutti i procedimenti, diviene necessario disporre di ingenti capacità di calcolo;

- il sistema non è utilizzabile per lingue diverse da quella per cui è stato addestrato (Italiano madrelingua, Italiano L2, dialetti).

Altro elemento di criticità è certamente la *resistenza degli addetti ai lavori*, che andrebbero convinti a non utilizzare più una trascrizione cartacea, bensì un file audio corredato di una trascrizione sommaria. Il passaggio dalla carta al file, infatti, rappresenta per molti un problema significativo. Tuttavia, la possibilità di consultare in ogni momento e ovunque il fascicolo processuale potrebbe far superare il disagio del “paperless”.

CONCLUSIONI

L'obiettivo ultimo della sperimentazione è verificare la possibilità di sostituire completamente i trascrittori con un sistema automatico di trascrizione (ASR) che consenta di produrre un file multimediale indicizzato da inserire nel fascicolo elettronico del processo. L'avvio del sistema, seppure a uno stadio in cui sia possibile ottenere solo una bozza sincronizzata da far rivedere al personale che si occupa della verbalizzazione, consentirebbe di acquisire quel materiale che permetterà progressi significativi agli ASR da utilizzare in ambito giudiziario. È pensabile quindi che, tra 2-4 anni, si possa utilizzare l'ASR per tutte le verbalizzazioni d'aula. Inoltre, sarà possibile riorganizzare la procedura di fonoregistrazione in modo che un solo operatore possa controllarla anche da remoto e intervenire solo in caso di necessità. È naturalmente importante che la verbalizzazione automatica sia integrata con il fascicolo elettronico, in modo che magistrati e avvocati possano operare sui fascicoli processuali anche da remoto, ad esempio dalle loro abitazioni e mentre sono in viaggio.

PUBBLICAZIONI

A. Paoloni, “Il progresso delle tecnologie della voce: dal Call Center all'Audiolibro”, *Media Duemila*, N°276, ottobre 2010.

IDEM

Riconoscimento del parlante a scopo forense

RESPONSABILE

ANDREA PAOLONI

Uno degli strumenti investigativi oggi più usato è certamente quello delle intercettazioni delle comunicazioni tra persone. L'intercettazione viene disposta sui telefoni utilizzati da chi, a vario titolo, è sospettato e anche negli ambienti da lui frequentati, dove vengono occultate le cosiddette cimici (piccoli trasmettitori inseriti nel luogo da sorvegliare). Perché questo materiale sonoro registrato possa essere utilizzato dal magistrato inquirente e dalla Corte, è necessario che venga affidato a un esperto che provveda a trascrivere quanto registrato e, in molti casi, anche all'identificazione degli interlocutori.

Il tema dell'identificazione del parlante si inquadra nello studio di quelle variabili biometriche che permettono l'identificazione affidabile degli individui. Le tecniche biometriche di identificazione mirano infatti a identificare un individuo sulla base delle sue peculiari caratteristiche fisiologiche o comportamentali, difficili da alterare o simulare. Tra i parametri più frequentemente presi in esame: impronte digitali, sequenze del DNA, geometria della mano e del volto, conformazione dell'iride, timbro e tonalità della voce.

È opportuno ricordare che FUB ha svolto ricerche sulla biometria della voce sin dal lontano 1979, sull'onda delle richieste pervenute dalla Magistratura in occasione della perizia relativa al caso Moro. Allo scopo fu realizzato, in collaborazione con l'ENEA, l'Università di Tor Vergata e il CCIS (Centro Carabinieri Investigazioni Scientifiche), un sistema di identificazione del parlante a scopo forense denominato IDEM, utilizzato sin dal 1995 nel reparto indagini scientifiche dei carabinieri, allora denominato CCIS. Il reparto utilizza tuttora tale sistema, più volte aggiornato, nei suoi centri ora denominati RIS. IDEM è anche utilizzato dalla Gendarmeria Nazionale Argentina e dalla polizia dello Stato di San Paolo del Brasile.

Il metodo IDEM è basato sull'analisi acustico-fonetica: si tratta di estrarre dai campioni di voce a confronto particolari caratteristiche acustiche, quali la durata delle occlusive, le formanti delle vocali, la velocità di articolazione, la frequenza fondamentale, ritenute maggiormente rappresentative della voce dell'individuo e meno influenzate dal canale di trasmissione. Questi parametri spettrali e temporali assunti come elementi di caratterizzazione della voce presentano al contempo variabilità limitata nello stesso individuo (variabilità intraparlante) e variabilità maggiore tra individui diversi (variabilità interparlanti). Dopo aver estratto i parametri caratterizzanti, interviene la fase di decisione che pone a confronto le misure effettuate al fine di stabilire la identificabilità o meno dei campioni di voce in esame.

Per quanto attiene alla trascrizione del contenuto delle intercettazioni, è opportuno rilevare come sia convinzione diffusa, anche tra gli operatori della legge, che trascrivere una conversazione sia adempimento di ordinaria amministra-

zione, espletabile da chiunque abbia un po' di tempo e pazienza. Quando poi in tribunale il contenuto della trascrizione viene contestato e l'ascolto in aula non chiarisce i dubbi sollevati dalle parti, si chiamano in soccorso i consulenti che, tuttavia, non riescono a risolvere in modo definitivo il problema loro demandato. Perché tanti dubbi di interpretazione? Non esiste un mezzo sicuro che consenta di provare che il parlante ha pronunciato una determinata parola, ad esempio *sbancato* e non una molto simile, come *sbiancato* o *stancato*? È vero che le conversazioni ambientali, quelle ottenute con le microspie, sono più difficili da trascrivere? Si può, con un opportuno filtraggio, trasformare un mormorio incomprendibile in una voce chiara di significato certo? Le ricerche su questo tema sono volte a rispondere a queste domande. Per superare i dubbi che sorgono quando due esperti in buona fede e con reputazione professionale impeccabile trascrivono in modo difforme un segnale audio, è necessario disporre di una misura di quale sia la percentuale di trascrizione corretta di quel segnale rumoroso e questa misura prende il nome di *intelligibilità*, ovvero frazione di simboli correttamente classificati.

Le collaborazioni oggi in atto su questo tema coinvolgono la Facoltà di Lettere dell'Università di Roma "La Sapienza", la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma Tor Vergata, il RaCIS (Raggruppamento Carabinieri Investigazioni Scientifiche) e il gruppo di lavoro dell'ENFSI (*European Network for Forensic Science Institute*).

OBIETTIVI

I due sottotemi del Progetto sono relativi al riconoscimento del parlante (IDEM) e alla misura oggettiva dell'intelligibilità ed entrambi sono orientati ad applicazioni forensi o comunque di indagine investigativa. Questi temi, tuttavia, possono anche volgersi ad applicazioni diverse: a controlli di identità poco invasivi che possono essere reiterati nel corso di una comunicazione, il primo; allo studio della qualità della comunicazione in ambienti rumorosi, il secondo.

SISTEMA DI RICONOSCIMENTO DEL PARLANTE (IDEM)

Relativamente al sistema IDEM l'obiettivo primo della ricerca è quello di adeguare il sistema alle nuove emergenze delle tecniche forensi; in particolare, nel caso dell'identificazione del parlante è la modalità di presentazione del risultato (della decisione) che si deve adeguare alle scelte che vengono proposte a livello internazionale, nell'ambito del gruppo del già citato ENFSI. Il perito, che non è né può essere il soggetto decisore (perché questo ruolo spetta esclusivamente al giudice), non dovrebbe proporre il risultato a cui è pervenuto nella forma di una percentuale o di una probabilità di identificazione (o meno) delle voci, ma piuttosto come un contributo conoscitivo volto a rafforzare (o ridimensionare) l'ipotesi di identità che il tribunale si sta formando. In altri termini, il perito deve fornire un dato (normalmente si tratta di un rapporto di verisimiglianza, LR ossia *likelihood ratio*) che verrà utilizzato dal tribunale per trarre la sua decisione.

A tal fine, si è provveduto a modificare la parte di decisione statistica (SPREAD) del sistema IDEM per consentire all'esperto di utilizzare i dati non più in un tradizionale test di ipotesi ma nel calcolo di un rapporto di verisimiglianza utilizzando la statistica bayesiana.