

PROGRAMMA DI RICERCA - MODELLO A
Anno 2005 - prot. 2005099247

PARTE I

1.1 Programma di Ricerca afferente a

Area Scientifico Disciplinare 09: Ingegneria industriale e dell'informazione 100%

1.2 Titolo del Programma di Ricerca

Testo italiano

Trasmissione Multimediale Affidabile su Reti non Affidabili: Tecniche Evolute di Codifica Sorgente/Canale

Testo inglese

Reliable Multimedia Transmission over non-Reliable Networks: Advanced Source/Channel Coding Techniques

1.3 Abstract del Programma di Ricerca

Testo italiano

Da alcuni anni si va delineando uno scenario di sviluppo tecnologico caratterizzato dalla presenza di connettività diffusa in cui dispositivi mobili a basso consumo di potenza comunicano in modo efficiente ed affidabile all'interno di reti capillari di telecomunicazione. Esempi specifici ma significativi di possibili applicazioni future sono la telefonia di quarta generazione e le reti pervasive di sensori, nonché di dispositivi ergonomici e portatili (wearable) per l'assistenza ad anziani e bambini, per la gestione del traffico, per l'interazione con l'ambiente domestico e di lavoro, per l'identificazione e il riconoscimento automatico di persone, oggetti, situazioni, ecc.. Su questi scenari fortemente innovativi, ritenuti in grado di portare, nel prossimo decennio, ad un significativo sviluppo dell'industria ad alto contenuto tecnologico, si stanno polarizzando a livello mondiale enormi interessi di ricerca di base e di ricerca applicata, sia in ambito industriale che accademico. Il concetto di Universal Multimedia Access (UMA) considerato nello standard MPEG-21 fa esplicito riferimento alla possibilità di fruire di contenuti multimediali "sempre e ovunque": in tal senso, è ritenuto essenziale l'utilizzo di tecniche specifiche per la trasmissione robusta. La trasmissione su reti radio non strutturate, con dispositivi a bassa potenza, è tipicamente affetta da un tasso elevato di errore sul canale. Inoltre, effetti di mascheramento o congestione possono determinare perdite di pacchetti, molto spesso difficilmente gestibili con le tecniche consuete di ritrasmissione a causa di vincoli sul ritardo. Nella trasmissione di segnale multimediale è pertanto opportuno ottimizzare in modo congiunto le tecniche di codifica di sorgente e di canale, con lo scopo sia di mitigare l'effetto degli errori di trasmissione, sia di tutelarsi dalle inevitabili perdite di pacchetti. L'interesse di ricerca per le tecniche di codifica in cui si cerca di ottimizzare le risorse complessive è testimoniato dal numero di sessioni dedicato a tali problematiche nelle più importanti conferenze internazionali e dal numero di pubblicazioni sull'argomento. Il progetto si propone i seguenti obiettivi. 1) Investigare e valutare le prestazioni di tecniche avanzate di codifica congiunta sorgente/canale per il segnale multimediale (in particolare, immagini e video), per quanto riguarda sia il problema della protezione a livello di simbolo sia a livello di pacchetto. In particolare verranno investigate e valutate procedure innovative di ottimizzazione per l'assegnazione della ridondanza alle varie parti del bit stream, a livello di simbolo, tenendo conto di diversi fattori di costo, quali distorsione, ritardo, potenza di trasmissione. Per quanto riguarda la protezione rispetto alle perdite di pacchetti, si considereranno tecniche basate su codici a correzione d'errore cross-pacchetto e sulle basi ridondanti (frames), di recente proposte nella letteratura. 2) Definire uno schema di massima per l'integrazione ottimale delle tecniche di protezione, utilizzando opportuni scambi di informazione fra i livelli (applicazione, trasporto e collegamento dati) in cui queste vengono utilizzate. 3) Rendere operative le varie tecniche con riferimento ad una applicazione specifica, la comunicazione audio-video fra utenti mobili interconnessi mediante una rete ad-hoc, paradigma degli scenari della futura Società dell'Informazione.

Testo inglese

As it is possible to forecast from the recent past years, the future technological scenario will be characterized by ubiquitous connectivity, where low power mobile devices communicate in an efficient and reliable way using pervasive telecommunication networks. Specific and significant examples of future applications are fourth generation telephony and pervasive sensor networks, as well as ergonomic and wearable devices for the elder and child assistance, for traffic management, for interaction with the home and work environment, for the automatic identification and recognition of persons, objects, situations, etc.. Academic and industrial enormous research interest is being focused worldwide on these innovative scenarios, which are believed to lead in the following years to a significant development of hi-tech industry. The concept of Universal Multimedia Access (UMA) considered in the MPEG-21 standard, explicitly refers to the possibility of accessing multimedia content "anytime and anywhere." To this purpose, the use of specific techniques for robust transmission is considered to be very important. In fact, transmission over wireless, non-structured networks, using low power devices, is typically characterized by a large symbol error rate in the channel. Moreover, congestion and terminal masking or link failures can cause packet losses, which are difficult to recover by resorting to retransmission techniques because of possible delay constraints. The research interest for coding techniques aiming at an overall optimization of resources is testified by the number of sessions dedicated to these issues in the most important international conferences and by the number of publications in the subject. This project has the following objectives. 1) To investigate and

evaluate the performance of advanced joint source/channel coding techniques for multimedia signal transmission (in particular, images and video) both at the packet and the symbol levels. In particular, we will consider innovative optimization techniques to distribute redundancy among different parts of the bit stream, at the symbol level, taking into account different cost factors such as distortion, delay, transmission power. As for the problem of packet losses, we will consider the use of cross-packet error correcting coding techniques, and redundant bases (frames), which have been recently proposed in the literature. 2) To define a scheme for the integration, information exchange and overall optimization of the techniques, which typically operate at different network levels (application, transport and data link). 3) To make the considered techniques operative in the framework of a specific application, i.e., audio-video communication among mobile users connected through a wireless ad-hoc network. This application is a paradigm for future Information Society scenarios.

1.4 Durata del Programma di Ricerca

24 Mesi

1.5 Settori scientifico-disciplinari interessati dal Programma di Ricerca

ING-INF/03 - Telecomunicazioni

ING-INF/05 - Sistemi di elaborazione delle informazioni

ING-INF/01 - Elettronica

1.6 Parole chiave

Testo italiano

CODIFICA CONGIUNTA SORGENTE/CANALE ; TRASMISSIONE ROBUSTA ; CODIFICA A DESCRIZIONI MULTIPLE ; CODICI A CORREZIONE D'ERRORE ; OTTIMIZZAZIONE CROSS-LAYER ; TRASMISSIONE MULTIMEDIALE SU RETI AD-HOC

Testo inglese

JOINT SOURCE CHANNEL/CODING ; ROBUST TRANSMISSION ; MULTIPLE DESCRIPTION CODING ; ERROR CORRECTING CODES ; CROSS-LAYER OPTIMIZATION ; MULTIMEDIA TRANSMISSION OVER AD-HOC NETWORKS

1.7 Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca

RINALDO
(Cognome)

ROBERTO
(Nome)

Professore Straordinario
(Qualifica)

23/07/1962
(Data di nascita)

RNLRR62L23D442Q
(Codice di identificazione personale)

ING-INF/03 - Telecomunicazioni
(Settore scientifico-disciplinare)

Università degli Studi di UDINE
(Università)

Facoltà di INGEGNERIA
(Facoltà)

Dipartimento di INGEGNERIA ELETTRICA, GESTIONALE E MECCANICA
(Dipartimento)

+39-0432558288
(Prefisso e telefono)

+39-0432558251
(Numero fax)

rinaldo@uniud.it
(Indirizzo posta elettronica)

1.8 Curriculum scientifico

Testo italiano

Roberto Rinaldo è nato a Este (PD) il 23 luglio 1962. Ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica nel 1987 dall'Università degli Studi di Padova, ottenendo la medaglia d'oro "Antonio Sarpi" quale miglior laureato della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova nell'anno accademico 1985-1986. Dal 1990 al 1992 ha frequentato come "research assistant" la University of California a Berkeley (U.S.A.), dove ha conseguito il titolo di Master of Science in Electrical Engineering nel 1992 e

ha svolto attività di ricerca su analisi di immagini frattali e wavelet.

È stato iscritto presso l'Università di Padova al corso di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica e dell'Informazione ed ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria Elettronica e dell'Informazione nell'anno 1992. Nel 1992 ha conseguito il titolo di ricercatore, settore K03X, e ha svolto la sua attività presso il Dipartimento di Elettronica e Informatica dell'Università di Padova. A partire dal 1 novembre 1998, ha ricoperto il ruolo di professore associato (settore disciplinare K03X) presso l'Università di Padova. Dal 1 novembre 2001 è stato professore associato confermato presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Gestionale e Meccanica (DIEGM) dell'Università degli Studi di Udine, nel settore disciplinare ING-INF/03. Dal 19 dicembre 2003 è professore di I fascia presso lo stesso dipartimento, dove insegna i moduli di Comunicazioni Elettriche, Sistemi di Telecomunicazione II e Reti di Telecomunicazione.

Fa parte del collegio dei docenti del dottorato di ricerca in Ingegneria industriale e dell'Informazione dell'Università degli Studi di Udine.

A partire dal 1995 ha partecipato a molti progetti del MIUR e del CNR e a progetti Europei nell'ambito della elaborazione e della codifica di segnale video. Attualmente, è responsabile scientifico per l'Università di Udine del progetto Europeo CRAFT "Wirenet" (2003-2005), riguardante la trasmissione dati su linee elettriche utilizzando tecniche di modulazione impulsiva. Partecipa inoltre come ricercatore al progetto FIRB del MIUR "Piattaforme riconfigurabili per comunicazioni radiomobili a larga banda" in collaborazione con l'Università di Padova.

Ha svolto, in collaborazione con altri docenti del DIEGM e su incarico della Regione Friuli Venezia Giulia, uno studio sulle "Strutture Immateriali nella Regione Friuli Venezia Giulia," con lo scopo di definire le azioni per lo sviluppo regionale della larga banda.

Ha coordinato il corso "Comunicazioni Wireless Ubique: Tecnologie Esistenti e Future," presso il CISM (Centro Internazionale Scienze Meccaniche), Udine, maggio 2004.

Ha fatto parte del program committee per le conferenze IEEE International Conference for Image Processing e IEE European Conference on Visual Media Production.

Svolge attività di revisore per le riviste IEEE Transactions on Image Processing, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Eurasip Journal on Signal Processing, Multidimensional Signal Processing.

I suoi interessi di ricerca sono nel campo dell'elaborazione del segnale multidimensionale, con particolare riferimento alla codifica del segnale video e di immagini, alla modellizzazione frattale di immagini e alla trasmissione su reti dati. L'attività ha portato alla pubblicazione di circa 70 lavori su riviste e atti di conferenze internazionali. In particolare si è occupato dei seguenti temi.

- Stima spettrale di sequenze televisive, con applicazioni alla televisione ad alta definizione (HDTV), e progetto di filtri FIR ottimi. In particolare, sono stati sviluppati algoritmi efficienti di stima spettrale per segnali multidimensionali con applicazioni al progetto di filtri multidimensionali per la separazione di luminanza e crominanza nel segnale PAL.
- Analisi multirisoluzione e trasformata wavelet con applicazioni alla modellizzazione e approssimazione di immagini frattali. La ricerca in questo campo è stata sviluppata durante la permanenza al Department of Electrical Engineering dell'Università di California a Berkeley.
- Codifica di immagini e sequenze di immagini basata sullo sfruttamento della ridondanza della rappresentazione multirisoluzione. La ricerca in questo campo ha portato allo sviluppo di codificatori di immagini e video particolarmente efficienti basati sulla trasformata wavelet, in cui la ridondanza fra sottobande viene sfruttata ai fini di migliorare l'efficienza di codifica.
- Modellizzazione statistica dei segnali nella scomposizione a sottobande con applicazioni al calcolo del guadagno di codifica ed al controllo del buffer in un sistema di codifica video.
- Codifica video orientata agli oggetti e animazione al ricevitore di volti virtuali. In particolare, il moto della scena, stimato a partire dalla posizione di punti caratteristici, viene modellato con un sistema dinamico e stimato con un filtro di Kalman. I parametri di moto vengono utilizzati al ricevitore per animare un volto virtuale (wireframe).
- Trasmissione impulsiva su linee elettriche. In particolare, si è considerato il progetto di un sistema di trasmissione numerica utilizzando tecniche simili a quelle analizzate per trasmissione radio Ultra Wide Band.
- Codifica congiunta sorgente/canale e sistemi di codifica a descrizioni multiple. Si tratta dell'argomento di ricerca di cui principalmente si è occupato nell'ultimo periodo, con particolare riferimento ai sistemi di descrizione basati sulle basi ridondanti. L'approfondimento di tale tema e l'applicazione a sistemi praticamente realizzabili è uno degli obiettivi del progetto.

Testo inglese

Roberto Rinaldo was born in Este (PD) on July 23rd, 1962. He obtained the laurea degree in Electrical Engineering in 1987 from the University of Padova, Padova, Italy, with honors and the medal for the best graduation score in the academic year 1985-1986. From 1990 to 1992 he was at the University of California at Berkeley as a research assistant, where he did research on fractal image modeling and wavelets, and where he obtained the Master of Science degree in 1992. He attended the Doctorate program in "Ingegneria Elettronica e dell'Informazione" at the University of Padova, and he obtained the Doctorate degree in 1992. In 1992, he became a "ricercatore" in Telecommunications and worked at the University of Padova in the Dipartimento di Ingegneria Elettronica e Informatica (DEI). Starting from November 1st 1998, he became an associate professor in Telecommunications at the University of Padova. On November 1st 2001, he moved to the University of Udine as an associate professor in Telecommunications (ING-INF/03) in the Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Gestionale e Meccanica. Starting from December 19th, 2003, he is now a "I Fascia" professor in the same Department, where he teaches Electrical Communications, Telecommunication Systems II and Telecommunication Networks.

He is part of the Faculty Board of the Doctorate Program in Industrial and Information Engineering of the University of Udine.

Starting from 1995, he participated to many MIUR, CNR and European Projects on video signal processing and coding. Currently, he is the scientific leader for the University of Udine in the CRAFT European project "Wirenet" (2003-2005), regarding data

transmission on powerlines using impulsive modulation techniques. He is also a researcher in the FIRB project (funded by MIUR) on Reconfigurable Platforms for Wideband Wireless Communications, in collaboration with the University of Padova.

He collaborated with other Faculty members of the University of Udine to a project, funded by Friuli Venezia Giulia, about telecommunication infrastructures in the region, with the purpose of developing wideband communication availability and use.

He coordinated the course "Ubiquitous Wireless Communication: Existing and Future Technologies," for CISM (International Centre for Mechanical Sciences), Udine, May 2004.

He was in the program committee for the conferences IEEE International Conference for Image Processing and IEE European Conference on Visual Media Production.

He is a reviewer for the journals IEEE Transactions on Image Processing, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Eurasp Journal on Signal Processing, Multidimensional Signal Processing.

His research interests are in the field of multidimensional signal processing, in particular with applications to image and video coding, fractal image modelling and transmission over data networks. He published about 70 papers on international journals and conference proceedings.

In particular, he did research on the following topics.

- Spectral estimation of television sequences, with applications to High Definition Television (HDTV) and optimal FIR filter design. In particular, efficient algorithms for spectral estimation of multidimensional signals and optimal filters for luminance/chrominance separation in PAL signals were developed.

- Multiresolution analysis and wavelet transform with applications to approximation and modelling of fractal images. Research in this field was mainly carried out at the Department of Electrical Engineering of the University of California at Berkeley.

- Image and video sequence coding by exploiting the redundancy inherent in the multiresolution representation. Research in this field lead to the design of very efficient video and image coder/decoders, based on the wavelet transform and where the redundancy among different subbands is exploited to increase coding efficiency.

- Statistical modelling of signals in a subband decomposition with applications to coding gain evaluation and buffer control in video transmission systems.

- Object oriented video coding and virtual face animation at the receiver. In particular, the motion in a video scene is measured on the basis of the positions of characteristic points called features, modelled as a dynamical system and estimated by means of a Kalman filter. Motion parameters are then used to animate a wireframe model at the receiver.

- Impulsive modulation transmission over powerlines. A digital transmission system based on techniques similar to those adopted in UWB radio systems has been designed.

- Joint source/channel coding and multiple description coding systems. This is the main research topic which is being considered at present, with an emphasis toward redundant bases (frames) representations. Further investigation of this topic and its application to the design of practical systems is one of the objectives of this project.

1.9 Pubblicazioni scientifiche più significative del Coordinatore del Programma di Ricerca

1. R. BERNARDINI, M. DURIGON, RINALDO R., A. VITALI, P. ZONTONE (in stampa). Frame-based multiple description video coding with extended orthogonal filterbanks. EURASIP JOURNAL ON APPLIED SIGNAL PROCESSING. ISSN: 1110-8657 In press.
2. R. BERNARDINI, RINALDO R. (in stampa). Efficient reconstruction from frame based multiple descriptions. IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING. ISSN: 1053-587X In press.
3. G. CALVAGNO, F. FANTOZZI, RINALDO R., A. VIAREGGIO (2004). Model-based global and local motion estimation for videoconference sequences. IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY. vol. 14 pp. 1156-1161 ISSN: 1051-8215
4. BRUNELLO D., CALVAGNO G., MIAN G.A., RINALDO R. (2003). Lossless Compression of Video Using Temporal Information. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. vol. 12 pp. 1-9 ISSN: 1057-7149
5. CALVAGNO G., G.A. MIAN, RINALDO R., TRABUCCO W. (2001). Two-Dimensional Separable filters for Optimal Reconstruction of JPEG-Coded Images. IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY. vol. 11 pp. 777-787 ISSN: 1051-8215
6. CALVAGNO G., MIAN G.A., RINALDO R. (2000). Synthesis Filter Bank Optimization in Two Dimensional Separable Subband Coding Systems. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. vol. 9 pp. 1497-1508 ISSN: 1057-7149
7. G. BOLOGNA, G. CALVAGNO, G.A. MIAN, RINALDO R. (2000). Wavelet Packets and Spatial Adaptive Inband Coding of Images. SIGNAL PROCESSING-IMAGE COMMUNICATION. vol. 15 pp. 891-996 ISSN: 0923-5965
8. CALVAGNO G., RINALDO R., SBAIZ L. (1998). 3-D Motion Estimation of Objects for Video Coding. IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS. vol. 16 pp. 86-97 ISSN: 0733-8716
9. CALVAGNO G., GHIRARDI G., MIAN G.A., RINALDO R. (1997). Modeling of Subband Image Data for Buffer Control. IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY. vol. 7 pp. 402-408 ISSN: 1051-8215
10. CALVAGNO G., RINALDO R. (1997). Multiresolution Vector Quantization for Video Coding. MULTIDIMENSIONAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING. vol. 8 pp. 129-150 ISSN: 0923-6082
11. G. CALVAGNO, RINALDO R. (1997). Hybrid Vector Quantization for Multiresolution Image Coding. IEEE

TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. vol. 6 pp. 753-758 ISSN: 1057-7149

12. CALVAGNO G., MIAN G.A., RINALDO R. (1996). *Computation of the Coding Gain for Subband Coders*. IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS. vol. 44 pp. 475-487 ISSN: 0090-6778
13. RINALDO R., CALVAGNO G. (1995). *Image Coding by Block Prediction of Multiresolution Subimages*. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. vol. 4 pp. 909-920 ISSN: 1057-7149
14. RINALDO R., VISETTI A. (1995). *Relations between the k-dimensional unconstrained and linear phase FIR Wiener filter*. MULTIDIMENSIONAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING. vol. 6 pp. 345-348 ISSN: 0923-6082
15. RINALDO R., A. ZAKHOR (1994). *Inverse and Approximation Problem for Two-Dimensional Fractal Sets*. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. vol. 3 pp. 802-820 ISSN: 1057-7149

1.10 Elenco delle Unità di Ricerca

Unità	Responsabile Scientifico	Qualifica	Settore Disc.	Università	Dipart./Istituto	Mesi Uomo
I	RINALDO ROBERTO	Professore Ordinario	ING-INF/03	Università degli Studi di UDINE	Dip. INGEGNERIA ELETTRICA, GESTIONALE E MECCANICA	12
II	LAVAGETTO FABIO	Professore Associato	ING-INF/03	Università degli Studi di GENOVA	Dip. INFORMATICA, SISTEMISTICA E TELEMATICA	12
III	MIAN GIAN ANTONIO	Professore Ordinario	ING-INF/03	Università degli Studi di PADOVA	Dip. INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE	6

1.11 Mesi uomo complessivi dedicati al programma

Testo italiano

		Numero	Mesi uomo 1° anno	Mesi uomo 2° anno	Totale mesi uomo
Personale universitario dell'Università sede dell'Unità di Ricerca		6	25	25	50
Personale universitario di altre Università		0	0	0	0
Titolari di assegni di ricerca		1	3	3	6
Titolari di borse	Dottorato	5	18	15	33
	Post-dottorato	0			
	Scuola di Specializzazione	0			
Personale a contratto	Assegnisti	3	23	25	48
	Borsisti	0			
	Dottorandi	0			
	Altre tipologie	1	2	2	4
Personale extrauniversitario		0			
TOTALE		16	71	70	141

Testo inglese

		Numero	Mesi uomo 1° anno	Mesi uomo 2° anno	Totale mesi uomo
University Personnel		6	25	25	50
Other University Personnel		0	0	0	0
Work contract (research grants, free lance contracts)		1	3	3	6
PHD Fellows & PHD Students	PHD Students	5	18	15	33
	Post-Doctoral Fellows	0			
	Specialization School	0			
Personnel to be hired	Work contract	3	23	25	48
	PHD Fellows & PHD Students	0			
	PHD Students	0			
	Other tipologies	1	2	2	4
No cost Non University Personnel		0			
TOTALE		16	71	70	141

PARTE II

2.1 Obiettivo del Programma di Ricerca

Testo italiano

Lo standard MPEG21, attraverso il concetto di Universal Mobile Access(UMA), definisce per i prossimi anni uno scenario di connettività multimediale ubiqua e trasparente per l'utente, in grado di usufruire di informazione senza vincoli temporali o di mobilità. Esempi significativi di possibili applicazioni future sono l'integrazione fra telefonia di quarta generazione e reti pervasive di sensori, nonché di dispositivi ergonomici e portatili per l'assistenza ad anziani, per la gestione del traffico, per l'interazione con l'ambiente domestico e di lavoro, per il riconoscimento automatico di persone, oggetti, situazioni, ecc. La realizzazione del paradigma richiede, oltre che la definizione di schemi flessibili di codifica per il segnale multimediale, la disponibilità di tecniche efficienti per la protezione dell'informazione. L'utilizzo previsto di reti non strutturate e di terminali con caratteristiche variabili e bassa potenza di trasmissione, rende infatti problematica la trasmissione affidabile, dato l'elevato tasso di errore sul bit e l'alta probabilità di perdita dei pacchetti nella trasmissione end-to-end a livello trasporto e applicativo. È inoltre essenziale che le tecniche di protezione siano progettate congiuntamente agli schemi di codifica.

Gli strumenti che si prevede siano utilizzati consistono nella definizione di schemi in cui l'informazione originale viene suddivisa in base all'importanza o semplicemente in base ad altri criteri, utilizzando ad esempio schemi di campionamento spaziale (per immagini e video) o temporale per ottenere descrizioni "parziali" dell'informazione. Questo permette una maggiore flessibilità nelle caratteristiche dei terminali e dei canali trasmissivi utilizzati, ma anche la possibilità di usare schemi di protezione innovativi ed efficaci, proteggendo ad esempio maggiormente le parti più importanti (Unequal Error Protection, UEP), oppure sfruttando la ridondanza fra le diverse descrizioni parziali dell'informazione (codifica a descrizioni multiple, MDC). Il progetto si propone tre obiettivi.

1. Investigare e valutare le prestazioni delle tecniche di protezione dell'informazione (in particolare, immagini e video) ritenute più innovative ed efficaci nello scenario considerato. In particolare, verrà considerato, a livello di applicazione, il problema della suddivisione dell'informazione in descrizioni multiple, permettendo una maggiore flessibilità nell'utilizzo dell'informazione e garantendo al tempo stesso la protezione rispetto alle perdite eccessive di pacchetti. Per la trasmissione delle singole descrizioni, a livello trasporto e collegamento dati, occorre poi considerare il problema della protezione dagli errori, ottimizzando la codifica di canale in maniera congiunta con quella di sorgente. Una delle tecniche considerate nel progetto è la codifica a descrizioni multiple basate sulle basi ridondanti (frames). La tecnica consiste nel generare, a partire dall'informazione originale, un certo numero di descrizioni, tipicamente, ma non necessariamente, di contenuto informativo equivalente, ottenute mediante una trasformazione ridondante. In questo modo, oltre alla ridondanza intrinseca fra le descrizioni, si può sfruttare in ricezione la ridondanza esplicitamente introdotta dalla trasformazione, allo scopo di recuperare l'informazione perduta nella trasmissione. La suddivisione dell'informazione in descrizioni multiple permette di utilizzare questa tecnica sia per scopi di protezione, sia per aumentare la flessibilità di utilizzo dell'informazione: ad esempio, un terminale che riceva i dati da un collegamento a bassa velocità per telefonia mobile, può accontentarsi di ricevere una sola descrizione, mentre le altre possono essergli rese disponibili qualora, con una procedura di hand-over, esso entri in un hot-spot servito da una rete radio ad alta velocità. Un modo interessante di interpretare le tecniche a descrizione multipla con basi ridondanti, è considerarle alla stregua di schemi di codifica di canale in cui vengono generati "segnali" di ridondanza a partire dall'informazione originale. In questa interpretazione, il ricevitore riesce a recuperare le "cancellazioni" come avviene quando si utilizza un codice a correzione d'errore. La differenza è che è possibile progettare il sistema in modo che ciascuna delle descrizioni sia significativa dal punto di vista percettivo, permettendo quindi un recupero "esatto" se le perdite non sono troppo elevate, e "approssimato" in caso contrario, utilizzando opportune tecniche di concealment a partire dall'informazione ricevuta. Per la trasmissione di ciascuna descrizione, si intende investigare a livello trasporto l'utilizzo esplicito di codici a correzione d'errore applicati a livello di pacchetto (codifica cross-pacchetto), per il recupero dei pacchetti persi. In questo approccio, di recente proposto in letteratura per lo scenario considerato, un certo numero di pacchetti della sorgente viene protetto aggiungendo un determinato numero di pacchetti di ridondanza, ottenuti applicando un codice sistematico (ad es., un codice Reed-Solomon) su ciascun bit o simbolo dei pacchetti di informazione. La ridondanza introdotta permette di recuperare eventuali pacchetti persi nella trasmissione. Il vantaggio di questa tecnica è una maggiore flessibilità rispetto alla ridondanza introdotta, che può essere modulata facilmente ad esempio tenendo conto della criticità dell'informazione trasmessa. Inoltre, il suo utilizzo può essere facilmente esteso alla trasmissione di informazioni ausiliarie, di tipo testuale o metadata. D'altro canto si ha un drastico peggioramento delle prestazioni quando la probabilità di perdita dei pacchetti supera la capacità di recupero del codice, problema che tipicamente può essere meno grave con le tecniche MD, in cui anche da una singola descrizione si può recuperare un'approssimazione dell'informazione originale. Le due tecniche considerate permettono il recupero di pacchetti persi e tipicamente generano pacchetti con importanza diversa. A livello data-link risulta pertanto importante proteggerli in maniera differente, nel tentativo di assicurare l'arrivo corretto a destinazione almeno dei dati più importanti per la ricostruzione. A questo proposito, in uno scenario in cui le tecniche consuete di ritrasmissione non sono sufficienti a causa di vincoli sul ritardo, si intende analizzare l'utilizzo di tecniche di tipo FEC (Forward Error Correction), in cui però il codice viene adattato sulla base del contenuto informativo. In particolare, si intende investigare l'impiego di turbo codici in connessione a schemi di protezione differenziata (UEP).

2. Come evidenziato nella discussione precedente, uno schema innovativo per lo scambio di informazioni multimediali deve tenere conto sia della eterogeneità dei mezzi trasmissivi e delle tipologie dei ricevitori, sia della robustezza rispetto agli errori. Appare dunque evidente l'interesse per l'utilizzo di tecniche a livello applicativo per la suddivisione dell'informazione in più descrizioni, congiuntamente a protezione differenziata sia a livello di pacchetto che di simbolo. Il progetto si propone di investigare l'opportunità di un uso congiunto delle tre tecniche considerate, operanti su strati diversi, prevedendo un opportuno scambio di informazioni (sullo stato del canale, sull'importanza dei pacchetti, ecc.) in modo da ottimizzare le prestazioni complessive.

3. Il terzo obiettivo consiste nello sviluppo di un dimostratore delle tecniche utilizzate, significativo rispetto agli obiettivi e scenari della futura Società dell'Informazione. In particolare, si intende simulare e realizzare, mediante terminali connessi con una rete wireless ad-hoc, un sistema di comunicazione audio-video in cui vengono utilizzate le tecniche oggetto di analisi nel progetto. Attività in tal senso, non esplicitamente connesse alla trasmissione audio-video, sono già presenti in alcune delle Unità coinvolte nel progetto di ricerca.

Testo inglese

The MPEG21 standard and its definition of Universal Mobile Access (UMA), consider for the next years a scenario characterized by ubiquitous and seamless connectivity, in which the user should be able to access multimedia information without constraints imposed by his/her location or mobility. Significant examples of future applications are given by the integration of fourth generation telephony and pervasive sensor networks, as well as by ergonomic and wearable devices for the elder care, for traffic management, for interaction with the home and work environment, for automatic recognition of persons, objects, situations, etc.. Making this scenario possible requires, among other things, flexible source coding schemes for the multimedia signal, as well as efficient techniques to ensure robustness against errors during information transmission. In fact, the necessity to use low power terminals with very different characteristics for transmission over non-structured ad hoc networks make reliable transmission a problematic issue, because of the large error rate at the link level and the high probability of packet losses for end-to-end transmission at the transport and application levels. Of course, it is very important that the error protection techniques are designed together with the source coding schemes. To this purpose, the tools which are being considered consist in the definition of coding procedures where the original information is first subdivided on the basis of its importance, or simply on the basis of other criteria, for instance using spatial (for images and video) or temporal sampling to obtain "partial" information descriptions. This allows, on one hand, great flexibility in the characteristics required for the terminals and the transmission channels. On the other hand, this makes it possible to use efficient and innovative information protection techniques, where the most important parts of the information are protected more (Unequal Error Protection, UEP), or where it is possible to exploit redundancy among partial information descriptions (multiple description coding, MDC).

This project has three objectives.

1. To investigate and evaluate the performance of information (in particular, images and video) protection techniques which are believed to be among the most innovative and efficient in the considered scenario. In particular, we will consider, at the application level, the subdivision of the information into multiple descriptions, to increase information access flexibility and to assure robustness to excessive packet losses due to congestion or link failures. For the transmission of each description, it is then important to consider the problem of error correction at the transport and link level by jointly optimizing channel and source coding. One of the techniques we will consider in the project is multiple description coding using redundant bases (frames). The technique consists in applying a redundant transform to the original information to obtain several source descriptions which typically have, but not necessarily, the same informative importance. In this way, in case of information loss, it is possible to exploit at the receiver the deterministic redundancy introduced by the transform in addition to the intrinsic redundancy among descriptions. The fact that information is subdivided into descriptions allows to increase robustness as well as flexibility for information access. For example, a terminal receiving information from a cellular telephony low-rate link, may accept to receive one description only and reconstruct a low-quality version of the original. The other descriptions may become available when the terminal reaches, as a consequence of a hand-over procedure, a hot-spot served by a high capacity wireless network.

An interesting way to interpret multiple description techniques based on redundant bases, is to consider them as a particular kind of channel coders where "parity check" signals are generated from the original information. With this interpretation, the receiver can recover from information erasures in the transmission path, as it happens with conventional channel coders. The difference is that it is possible to design the system so that each description is meaningful from a perceptive point of view. In this way "exact" recovery is possible when losses are not too numerous, but it is still possible to construct an approximation of the original even with excessive losses by using appropriate error concealment techniques at the receiver.

For transmission of each description, we plan to investigate at the transport level the use of cross-packet error correcting codes to recover packet erasures. In this approach, which has recently been proposed in the literature, a number of source packets is protected by adding an appropriate number of redundancy packets, which are obtained by using a systematic code (e.g., a Reed-Solomon code) to any bit or symbol of the information packets. An advantage of this technique is that it is possible to modulate the amount of redundancy on the basis of the information importance. Moreover, the technique can be used for the protection of auxiliary information, like text or metadata. On the other hand, performance can drop rapidly when the packet loss probability exceeds the error recovery capability of the code. This problem is less critical with MD coding, which allows an approximate reconstruction even when one description only is received.

The two considered techniques allow for recovery of packet erasures and typically originate packets with different importance. At the link-level, it is therefore important to protect them differently against symbol errors, so that an acceptable rate of important packets are correctly delivered. To this purpose, in a scenario where retransmission techniques may not be appropriate because of delay constraints, we plan to investigate FEC (Forward Error Correction) technique at the symbol level, where the code is adapted on the basis of the information content. In particular, we plan to investigate turbo-codes in connection with unequal error protection (UEP) schemes.

2. As it is clear from the discussion above, an innovative scheme for multimedia signal transmission has to take into account the variety of transmission channels and terminals, as well as the problem of robust transmission. It is therefore interesting to consider schemes allowing for a subdivision of the information into several descriptions at the application level, as well as for unequal error protection at the transport and link level. A major objective of the project is the joint optimization of the protection techniques operating at different levels, by defining appropriate cross-layer information exchange procedures (about the quality of the transmission path or the packet importance).

3. The third objective is the development of a demonstrator, which is significant with respect to the aims and scenarios of future Information Society. In particular, we plan to simulate and realize, using terminals connected via a wireless ad-hoc network, an audio-video communication system using the techniques investigated in the project. To this purpose, some activity, not explicitly related to audio-video transmission, is already in progress at some of the research Units involved in the project.

2.2 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

Testo italiano

Come evidenziato nell'obiettivo del progetto, si intendono analizzare le principali tecniche di protezione per la trasmissione robusta di segnale multimediale (in particolare immagini e video). Tali tecniche tipicamente operano su livelli di rete diversi. Il loro uso congiunto e l'ottimizzazione rispetto alle esigenze di compressione è di estremo interesse per molti scenari previsti per la futura Società dell'Informazione [MPEG21, Eto05, Ric04, Bah98, ComMag].

Da vari anni si è riconosciuto che la trasmissione di immagini e video su canali a banda limitata e poco affidabili, quali le reti wireless a pacchetto, richiede elevati valori di compressione e alta robustezza agli errori di trasmissione [Bah98]. Importanti applicazioni in questo contesto includono, ad esempio, lo streaming di sequenze video e la trasmissione di segnali video su terminali mobili (cellulari di terza e quarta generazione). In questo ambito, il raggiungimento di valori elevati di compressione ed alta immunità agli errori di canale è assai difficile dato che tali requisiti sono tra loro largamente conflittuali [Vit98, Wen98]. Si è pertanto avvertita negli ultimi anni l'esigenza che gli algoritmi di codifica video dovessero possedere una elevata robustezza agli errori di trasmissione [Bah98, MPEG4]. Per venire incontro ai problemi evidenziati, i più recenti standard hanno dunque posto una sempre maggior attenzione al problema della robustezza del bit stream, includendo tecniche come ad esempio il data-partitioning all'interno degli standard [JPEG2000, MPEG4, Ric04]. L'utilizzo di reti non strutturate e pervasive, con utenti mobili e dotati di terminali con bassa potenza di trasmissione, rende, per il prossimo futuro, il problema di ancora più difficile soluzione [Midkiff].

Recentemente, si sta assistendo ad una estensione delle problematiche legate alla codifica e alla trasmissione robusta, in modo da utilizzare tecniche che permettano al tempo stesso una grande flessibilità nel modo in cui si può fruire dell'informazione codificata. Nello standard MPEG21 viene esplicitamente considerata la necessità di un accesso all'informazione multimediale ubiquo e senza limiti per la mobilità [MPEG21]. Gli strumenti che si pensa di utilizzare consistono, in primo luogo, nel suddividere l'informazione originaria in modo da modulare la complessità del trasmettitore o del ricevitore, in relazione alle caratteristiche del canale trasmissivo. Particolare rilievo hanno in questo contesto gli schemi "scalabili" di codifica, in cui l'informazione viene tipicamente suddivisa in una parte in bassa frequenza, con la definizione di un segnale di dettaglio o in alta frequenza che può essere utilizzato qualora la banda o le caratteristiche del terminale lo rendano possibile. Accanto agli schemi di codifica scalabile con diversi gradi di granularità, previsti in molti standard di codifica per video ed immagini [JPEG2000, MPEG4, ComMag], si stanno considerando attualmente anche tecniche basate sulle descrizioni multiple (MD), che considereremo in dettaglio, dato che esse permettono, accanto alla flessibilità di codifica, una maggiore robustezza nella trasmissione [Goy01].

La maggior parte delle tecniche di trasmissione robusta (senza canale di ritorno) proposte in letteratura può essere divisa in tre classi principali: error concealment [Lee95, Wen98], Forward Error Correction (FEC) coding [Moh99, Rizzo], e Multiple Description (MD) coding [Cve98, Goy01, Reu80, Ser99, Yan00, Wan97]. Mentre le tecniche di error concealment sono in genere ben consolidate, ci si occuperà in questo progetto principalmente di codifica FEC per la protezione rispetto agli errori di simbolo introdotti dal canale e rispetto alle perdite di pacchetti, ottimizzando le prestazioni congiuntamente con la codifica di sorgente. Si considereranno inoltre a livello applicazione tecniche a descrizione multipla, in particolare basate sulle basi ridondanti.

Il tipo di ridondanza introdotto dalla codifica MD sfrutta la struttura del segnale da codificare, permettendo un degrado più dolce della qualità della ricostruzione [Goy01, Goyal2, MPEG21]. La codifica MD è stata proposta sia per aumentare la robustezza rispetto agli errori introdotti dal canale, sia per aumentare la flessibilità dell'utilizzo e delle modalità di trasmissione dell'informazione [ComMag1, ComMag2, ComMag3, ComMag4, MPEG21]. Più precisamente, la codifica MD è basata sul principio di ripartire i dati multimediali in pacchetti equi-importanti o descrittori, in modo appropriato alla tipica situazione in cui tutti i pacchetti trasmessi sulla rete siano affetti dalla medesima probabilità di perdita. In questo modo, la qualità del segnale ricevuto risulta essere proporzionale al numero di pacchetti ricevuti. Questa tecnica è stata applicata alla trasmissione di immagini e video con risultati significativi. Le varie soluzioni MD proposte in letteratura appartengono alle seguenti categorie: quantizzatori a descrizione multipla [Reu80, Ser99], in cui ad ogni intervallo di quantizzazione vengono associate due parole binarie che vengono trasmesse in maniera indipendente (l'assegnazione viene fatta in modo tale che se una sola delle due parole viene ricevuta, il valore quantizzato può venire ricostruito, anche se con un errore più grande); trasformate correlanti [Wan97], ossia trasformate che introducono una correlazione tra i coefficienti in modo tale che eventuali coefficienti persi possano essere stimati da quelli ricevuti; codifica tramite basi ridondanti [Yan00] spesso ottenute usando banchi di filtri sovracampionati [Cve98] (in questo caso, i coefficienti ottenuti dal banco di filtri non sono indipendenti e tale ridondanza può essere sfruttata per ricostruire in maniera esatta o approssimata eventuali coefficienti persi). Questo settore di ricerca è relativamente nuovo e molti sono i problemi tuttora aperti [Goy01, BernEtAl, BernRin]. Per esempio: non è chiaro come progettare uno schema a descrizione multipla efficiente date le caratteristiche del canale trasmissivo e le richieste in termini di qualità del servizio; è necessario sviluppare schemi efficienti che permettano la codifica/decodifica in tempo reale, anche in situazioni di bassa potenza computazionale (es. terminali mobili). Per la trasmissione delle singole descrizioni, appare conveniente l'utilizzo di schemi di codifica efficienti [Ric04], eventualmente congiuntamente a schemi scalabili per agevolare tecniche di protezione sbilanciata dell'informazione [MPEG4, JPEG2000, Said, Atalan]. L'uso delle tecniche di protezione va però ottimizzato rispetto allo schema MD utilizzato e alla codifica di sorgente.

Per quanto riguarda la protezione rispetto alle perdite di pacchetti, dovute ad esempio a congestioni, una soluzione efficiente introdotta di recente e tipicamente utilizzata a livello trasporto, è costituita da tecniche di codifica FEC cross-pacchetto. In tali tecniche, i pacchetti di informazione prodotti dal codificatore vengono organizzati in una struttura a matrice sulle cui righe (o colonne) vengono generati dei pacchetti di ridondanza aggiuntivi [Sie04]. In altre parole, la tecnica consiste nell'applicare un codice per il recupero delle cancellazioni relativamente ai pacchetti [Rizzo]. In particolare, si considerano k pacchetti e si generano $N-k$ ulteriori pacchetti "di parità" mediante un codice sistematico di tipo (N, k) che protegge i k simboli che si trovano in ciascun pacchetto nella stessa posizione. A questo proposito, è possibile aggiungere una quantità variabile di ridondanza, associata all'uso dei FEC, ai diversi segmenti di dati in funzione della rispettiva importanza. Si noti infatti che, nelle tecniche FEC, i pacchetti generati a partire da un certo flusso di dati risultano equivalenti dal punto di vista della teoria dell'informazione e la qualità di ricostruzione non dipende da quali pacchetti siano stati ricevuti. Nel caso in cui, come invece succede nella codifica di segnale multimediale, alcune parti siano più importanti di altre, la protezione sbilanciata (UEP, Unequal Error Protection) consente il degrado progressivo della qualità del segnale ricostruito al crescere della perdita di pacchetti. Come per il video, le stesse considerazioni valgono anche per la codifica e trasmissione di immagini statiche. Ad esempio, in [Chu01] si considera l'impiego di algoritmi UEP per proteggere flussi di dati codificati con JPEG-2000. Un recente gruppo di lavoro in ambito JPEG-2000 noto come Wireless JPEG-2000 (ISO/IEC 15444-11) [JPWL, Dufaux04] sta standardizzando algoritmi e metodi per raggiungere una trasmissione efficiente di immagini JPEG-2000 su canali/reti wireless non affidabili. Occorre ricordare che, in generale, è necessario ottimizzare l'intero schema di codifica al fine di massimizzare la qualità della sequenza ricostruita in ricezione. Tale ottimizzazione viene effettuata utilizzando codici con caratteristiche differenti ed è influenzata dalle caratteristiche del segnale, dalla classe di codici adottati, e ovviamente dai parametri di qualità complessiva richiesti [Che02].

Infine, un aspetto fondamentale da considerare è la protezione del bit stream a livello di simbolo, problema tipicamente considerato a livello data-link. Nel nuovo contesto, l'uso di codici a correzione di errore, a blocco (BCH, Reed-Solomon (RS)), convoluzionali e turbo, viene ottimizzato rispetto alla codifica e all'importanza dell'informazione. In [Zhang] vengono impiegati codici di Hamming per fornire protezione UEP a stream codificati JPEG-2000 per trasmissione su canali binari simmetrici (BSC). In [Banister] sono proposti turbo codici per proteggere stream codificati JPEG-2000 su canali BSC. In [Natu] codici RS sono proposti per la protezione dei diversi strati gerarchici di JPEG-2000 su canali BSC unitamente all'ottimizzazione dei parametri di codifica JPEG-2000. Un'interessante opportunità di ricerca è quindi quella di ottimizzare congiuntamente, attraverso i vari strati, le varie tecniche di protezione, assieme alla codifica di sorgente. Questo dunque è, come evidenziato, uno degli obiettivi del progetto.

Testo inglese

As explained in the section illustrating the objectives of the project, we plan to investigate the most important protection techniques for robust transmission of multimedia signal (in particular, images and video). These techniques typically operate at different network levels. The joint use of these techniques and the overall optimization, taking into account source coding, is extremely interesting for many scenarios considered for future Information Society [MPEG21, Eto05, Ric04, Bah98, ComMag].

For several years, it has been recognized that image and video transmission over non-reliable, band-limited channels, like packet wireless networks, requires high compression and robustness to transmission errors [Bah98]. Important applications are video streaming and video transmission between mobile terminals (third and fourth generation cellular telephones). In this scenario, it is very difficult to achieve high compression ratios and high reliability at the same time, since these two requirements are conflicting [Vil98, Wen98]. In the last few years, it has become evident that video coders should have intrinsic robustness to transmission errors [Bah98, MPEG4]. To this purpose, the most recent standards have increasingly stressed the problem of bit stream robustness, introducing techniques like, for instance, data-partitioning [JPEG2000, MPEG4, Ric04]. The use of pervasive, non-structured networks, with mobile users using low power terminals, makes the problem even more difficult to solve for the future [Midkiff].

Recently, the classic approach to coding and robust transmission has been extended, searching for solutions which allow for more flexible ways to access multimedia information. In the MPEG21 standard, it is explicitly recognized that multimedia information should be accessed anytime and anywhere [MPEG21].

The tools that are considered to be more useful allow in the first place to divide the original information so that the coder/decoder complexity can be modulated on the basis of the transmission conditions. To this respect, "scalable" schemes are particularly useful. In such schemes, the information is divided in a low-frequency part, with the definition of a detail high-frequency signal which can be utilized when the band or the user terminal characteristics are adequate. Scalable coding schemes, with different granularity, are considered by several standards for images and video [JPEG2000, MPEG4, ComMag]. Besides these, other techniques based on multiple description coding (MD) are believed to be an interesting possibility. We will consider MD techniques in detail, since they allow both for flexible coding and for increased transmission robustness [Goy01].

The most important techniques for robust transmission (without a feedback channel) described in the literature, can be divided mainly into three classes: error concealment [Lee95, Wen98], Forward Error Correction (FEC) coding [Moh99, Rizzo], and Multiple Description (MD) coding [Cve98, Goy01, Reu80, Ser99, Yan00, Wan97]. While most techniques for error concealment are consolidated, we will mainly focus in this project on FEC coding for channel error protection at the symbol level and for packet erasure protection. We will consider overall performance optimization, taking source coding into consideration. We will also consider multiple description techniques at the application level, and, in particular, multiple description based on redundant bases.

The type of redundancy introduced by Multiple Description techniques takes into account the numeric nature of the coded signal and allows for graceful degradation in case of transmission errors [Goy01, Goyal2, MPEG21]. MD coding has been proposed both to increase robustness against information loss in the channel and to increase flexibility in accessing multimedia information [ComMag1, ComMag2, ComMag3, ComMag4, MPEG21]. More precisely, MD coding is based on the idea of dividing the original data into equally important packets or descriptors, in a way which is appropriate for an environment where each packet can be lost with equal probability when transmitted over the channel or network. In this way, the quality of the received signal is smoothly proportional to the number of received packets. The technique has been applied with success to the transmission of images and video. The different MD techniques proposed in the literature which can be divided into the following classes: multiple description quantization [Reu80, Serv99], where each quantization interval is indexed by two binary codes which are transmitted independently. The indexes are designed so that, if only one of the two binary words is received, the signal can still be reconstructed, although with a larger error; correlating transforms [Wan97], where some correlation is introduced among the transformed coefficients, so that the lost ones can be estimated by the received ones in case of transmission errors; coding via redundant bases [Yan00], often obtained through oversampled filter banks [Cve98]. In this technique, the coefficients obtained at the output of a filter bank are not independent, and this deterministic redundancy can be exploited to exactly recover or approximate the lost ones. This technique is particularly interesting, but not fully explored in the literature [Goy01, BernEtAl, BernRin]. In particular, it is not clear how to design an efficient multiple description scheme on the basis of the transmission channel characteristics and the required quality of service. Moreover, it is necessary to devise efficient schemes for real-time coding/decoding with low complexity, in view of the characteristics of the mobile terminals.

For the transmission of individual descriptions, it appears appropriate to use efficient coding schemes [Ric04], possibly together with scalable schemes to allow for the use of unequal error protection techniques [MPEG4, JPEG2000, Said, Atalan]. The protection techniques, however, have to be optimized taking into account the MD scheme and source coding.

As for protection against packet losses, for instance due to congestion, an efficient solution which has recently been considered and which typically operates at the transport level, is the use of cross-packet FEC. In this technique, packets originated from the source are organized into a matrix, whose rows (or columns) are protected by additional redundant packets [Sie04]. In other words, the technique consists in using a code to recover packet erasures [Rizzo]. In particular, k packets are taken as a block, and additional $N-k$ "parity" packets are built by applying a systematic (N,k) block code to the k symbols in the same position in each packet. FEC techniques allow to add a variable amount of redundancy to the various parts of the bit stream, depending on their importance. Note that, in general, the packets generated by a code are equivalent from an information-theoretic point of view, and reconstruction depends only on the number of received packets. With multimedia signals, typically some parts are more important than others, and unequal error protection (UEP) allows for a graceful degradation of the reconstruction quality with the number of lost packets.

Similar considerations are valid for images and video. For instance, in [Chu01], UEP is used to protect JPEG2000 data streams. Recently, a working group within JPEG2000, known as Wireless JPEG-2000 (ISO/IEC 15444-11) [JPWL, Dufaux04], is evaluating algorithms and methods for efficient transmission of JPEG2000 coded images over non-reliable wireless networks. It is important to recall that it is necessary to optimize jointly the various techniques at different network layers to maximize the overall quality. This optimization can be done using codes with different characteristics, and the procedure has to take into account the characteristics of the signal, the class of codes and the target overall quality [Che02].

Finally, a very important aspect is the bit-stream protection at the symbol level. This problem is typically considered at the data-link network level. In the approach considered in this project., the use of block error correcting codes (BCH, Reed-Solomon (RS)), convolutional codes or turbo codes has to be optimized taking into account source coding and information importance.

In [Zhang], Hamming codes are used to provide unequal error protection for JPEG-2000 code-streams over a binary symmetric channel (BSC). In [Banister] turbo codes are proposed to protect JPEG-2000 code-stream over BSC. In [Natu], RS codes are proposed for the prioritised layer protection of JPEG-2000 code-streams over a BSC along with optimised JPEG-2000 coding parameters. An interesting research opportunity is that of cross-layer optimization of various protection techniques, taking source coding into account. This is in fact one of the objectives of the project.

2.2.a Riferimenti bibliografici

- [Apo01] J.G. Apostolopoulos, S.J. Wee, "Unbalanced Multiple Description Video Communication Using Path Diversity", ICIP'01, vol. 1, pp. 966-969.
- [Atalan] A.A. Atalan, M. Zhao, A.N. Akansu, "Unequal error protection of SPIHT encoded image bit streams", IEEE JASAC, vol. 18, 2000, pp. 814-818.
- [Bah98] P. Bahl, B. Girod, eds, "Special section on wireless video," IEEE Communications Magazine, vol. 36, June 1998, pp. 92-151.
- [Banister] Banister, B.A.; Belzer, B.; Fischer, T.R., "Robust image transmission using JPEG2000 and turbo-codes," Proceedings of the International Conference on Image Processing, vol. 1, pp 375-378. 2000.
- [BernEtAl] R. BERNARDINI, M. DURIGON, RINALDO R., A. VITALI, P. ZONTONE. Frame-based multiple description video coding with extended orthogonal filterbanks. EURASIP JOURNAL ON APPLIED SIGNAL PROCESSING. ISSN: 1110-8657, to appear.
- [BernRin] R. BERNARDINI, RINALDO R. Efficient reconstruction from frame based multiple descriptions. IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING. ISSN: 1053-587X, to appear.
- [Che02] T. Pei-chun Chen, T. Chen, "Adaptive Joint Source-Channel Coding Using Rate Shaping", Proc. of ICASSP 2002, Orlando, Florida, USA, May 13-17, 2002.
- [Chu01] T. Chu, Z. Liu, Z. Xiong, X. Wu, "Joint UEP and layered source coding with application to transmission of of JPEG-2000 coded images", Proc. Globecom 2001, 2001, pp. 2306-2309.
- [ComMag] IEEE Communication Magazine, Vol. 42, no. 8, Aug. 2004.
- [ComMag1] Abdouni, B.; Cheng, B.; Chow, A.L.H.; Golubchik, L.; Lui, J.C.S., "Picture-perfect streaming over the Internet: is there hope?" IEEE Communication Magazine, Vol. 42, no. 8, Aug. 2004, Page(s): 72- 79
- [ComMag2] Apostolopoulos, J.G.; Trott, M.D., "Path diversity for enhanced media streaming", IEEE Communication Magazine, Vol. 42, no. 8, Aug. 2004, Pages: 80- 87
- [ComMag3] Jiangchuan Liu; Jianliang Xu, "Proxy caching for media streaming over the Internet," IEEE Communication Magazine, Vol. 42, no. 8, Aug. 2004, Page(s): 88- 94
- [ComMag4] Zink, M.; Schmitt, J.; Griwodz, C., "Layer-encoded video streaming a proxy's perspective," IEEE Communication Magazine, Vol. 42, no. 8, Aug. 2004, Page(s): 96- 103
- [Cve98] Z. Cvetkovic, M. Vetterli, "Oversampled filter banks," IEEE Trans. Signal Proc., vol. 46, pp. 1245-1255, May 1998.
- [Dufaux04] Dufaux, F., and Nicholson, D., "JPWL: JPEG2000 for Wireless Applications," SPIE Proc. Applications of Digital Image Processing XXVII, August 2004
- [Erk01] E. Erkip, Y. Wang, D. Goodman, Y. Wu, X. Lu, "Energy efficient coding and transmission", Proc. IEEE Vehicular Tech. Conf., Vol.2, 2001.
- [Eto05] M. Etoh, T. Yoshimura, "Advances in Wireless Video Delivery", Proc. of the IEEE, Vol. 93, n. 1, Jan. 2005, pp. 111-122.
- [Goy01] V.K. Goyal, "Multiple Description Coding: Compression Meets the Network", IEEE Signal Proc. Mag., vol. 18, n. 5, Sept. 2001, pp. 74-93.
- [Goyal2] Venkataramani, R., Kramer, G., Goyal, V.K., "Multiple description coding with many channels" Information Theory, IEEE Transactions on Volume 49, Issue 9, Sept. 2003 Page(s):2106 - 2114
- [JPEG2000] C. Christopoulos, A. Skodras, T. Ebrahimi, "The JPEG2000 still image coding system: An Overview", IEEE Trans. Consumer Elec., Vol. 46, No. 4, pp. 1103-1127, Nov. 2000.
- [JPWL] JPWL AHG., "JPWL Scope and Requirements," ISO/IEC JTC1/ SC29/WG1 N2696, July 2002.
- [Lee95] X. Lee, Y. Zhang, A. Leon-Garcis, "Information loss recovery for block-based image coding techniques: a fuzzy logic approach," IEEE Trans. Image Proc., vol. 4, pp. 259-273, March 1995.
- [Lu02] X. Lu, Y. Wang, E. Erkip, "Power efficient H.263 video transmission over wireless channels", proc. IEEE ICIP-2002, Vol.1.
- [Midkiff] S.F. Midkiff, "An Experiential Course in Wireless Networks and Mobile Systems", IEEE Transactions on Pervasive Computing, vol. 4, no. 1, 2005, pp. 9-13.
- [Moh99] A. Mohr, E. Riskin, R. Ladner, "Unequal loss protection: Graceful degradation of image quality over packet erasure channels through forward error correction," in Proc. DCC, 1999.
- [MPEG21] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG-21 Use Case Scenarios Document, document N4991, Klagenfurt, Austria, July 2002.
- [MPEG4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4668, "Overview of the MPEG-4 Standard", March 2002.
- [Natu] Natu, A, Error Resilience in JPEG2000, Master of Engineering Thesis. The University of New South Wales, Sydney, Australia. 2003.
- [Reu80] D. Reudink, "The channel splitting problem with interpolative coders," Tech. Rep. TM80-134-1, Bell Labs, Oct. 1980.
- [Ric04] I. E. G. Richardson, "H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video coding for Next-Generation Multimedia", Wiley, 2004.

- [Rizzo] L. Rizzo, "Effective erasure codes for reliable computer communication protocols," *ACM Computer Communication Review*, vol. 27, pp. 24-36, Apr. 1997.
- [Said] A. Said, W.A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans. CSVT*, vol. 6, no. 3, pp. 243-250, June 1996.
- [Ser99] S.D. Servetto, V.A. Vaishampayan, N.J.A. Sloane, "Multiple description lattice vector quantization," in *Proc. IEEE DCC, Snowbird, UT*, pp. 13-22, March 1999.
- [Sie04] 3GPP TSG-SA4 Siemens Group, "Matrix approach vs. packet approach for MBMS application layer FEC (Tdoc S4-040029)", *Tech. Doc. from 3GPP TSG-SA4 Meeting TSG-SA4 #30, Malaga, Spain, Feb. 23-27, 2004*.
- [Tau00] D. Taubman, "High performance scalable image compression with EBCOT", *IEEE Trans. Image Proc.*, vol. 9, no. 7, pp. 1158-1170, July 2000.
- [Vil98] J.D. Villasenor, Y.-Q. Zhang, J. Wen, "Robust Video Coding Algorithms and Systems", *Proceedings of the IEEE*, vol. 87, n. 10, Oct. 1998, pp. 1724-1733.
- [Wan97] Y. Wang, M.T. Orchard, A.R. Reibman, "Multiple description image coding for noisy channels by pairing transform coefficients," *Proc. IEEE Workshop on Multimedia Signal Proc.*, Princeton, NJ, pp. 419-424, June 1997.
- [Wen98] S. Wenger, G. Knorr, J. Ott, F. Kossentini, "Error Resilience Support in H.263+", *IEEE Trans. Circ. Syst. Video Tech.*, vol. 8, n. 7, Nov. 1998, pp. 867-877.
- [Yan00] X. Yang, K. Ramchandran, "Optimal subband filter banks for multiple description coding," *IEEE Trans. Information Theory*, vol. 46, pp. 2477-2490, Nov. 2000.
- [Zhang] Zhang, D, *Error Resilience in JPEG2000, Bachelor of Engineering Thesis. The University of New South Wales, Sydney, Australia, 1999.*

2.3 Descrizione del Programma di Ricerca e del ruolo delle Unità operative locali

Descrizione del Programma di Ricerca

Testo italiano

Come anticipato nella descrizione del programma di ricerca, lo scopo di questo progetto è triplice:

- 1) investigare e valutare tecniche evolute per la trasmissione multimediale robusta
- 2) definire uno schema di massima per l'integrazione delle tecniche di cui al punto 1)
- 3) specializzare lo schema di massima di cui al punto 2) nella produzione di un dimostratore

Questa struttura induce una partizione "naturale" del progetto in tre fasi distinte. L'organizzazione complessiva del progetto è stata pensata in modo da permettere l'attività coordinata delle tre unità di ricerca.

Qui di seguito vengono descritte nel dettaglio le tre fasi di cui si compone il progetto specificando per ognuna

- la sua durata
- il suo scopo
- la sua divisione in attività più piccole (task)
- i risultati prodotti

* Fase 1: tecniche evolute per la trasmissione multimediale robusta

- Durata: 12 mesi

- Scopo:

In questa fase verranno investigate e valutate tecniche evolute per la trasmissione robusta del segnale multimediale. Come già detto nella descrizione del programma di ricerca, le tecniche che verranno investigate possono essere divise in tre grandi classi

- a) Protezione a livello di simbolo adattata all'importanza percettiva dei dati trasmessi
- b) Protezione a livello di pacchetto tramite FEC applicati cross-pacchetto
- c) Protezione a livello di segnale tramite codifica con basi ridondanti

Questa divisione delle tecniche permette di partizionare la Fase 1 in tre rami di lavoro, uno per ogni classe. Vista l'esperienza delle tre unità di ricerca, risulta naturale suddividere i compiti come segue

Classe a -> Unità II (UNIGE)

Classe b -> Unità III (UNIPD)

Classe c -> Unità I (UNIUD)

Durante la prima fase ogni unità di ricerca investigherà quindi la classe di tecniche di sua competenza in maniera coordinata con le altre unità, sempre tenendo presente l'obiettivo finale di integrazione delle tre classi.

- Scomposizione in Task

La fase 1 si scompone in 3 task

- 1.1) Analisi dello stato dell'arte (3 mesi)
- 1.2) Investigazione delle tecniche di protezione (11 mesi)
- 1.3) Riassunto dei risultati ottenuti (1 mese)

I task 1.1 e 1.2 si svolgono in parallelo.

+ Task 1.1: Analisi dello stato dell'arte (3 mesi)

In questo task verrà completata l'analisi dello stato dell'arte per quanto riguarda la trasmissione robusta dei dati multimediali allo scopo di selezionare gli approcci più promettenti e definire i problemi ancora aperti.

Alla fine di questo task è previsto un incontro tra le unità di ricerca in cui ogni unità illustrerà alle altre i risultati della fase di analisi preliminare. Un primo scopo di quest'incontro è di far sì che ogni unità possa portare avanti la sua ricerca sapendo la direzione che prenderanno le altre due, in modo da facilitare l'integrazione finale. Un secondo obiettivo dell'incontro sarà la definizione preliminare delle informazioni che si prevede dovranno essere scambiate tra i vari strati nello schema finale.

+ Task 1.2: Investigazione delle tecniche di protezione (11 mesi)

Durante questo task, che è parte fondamentale del progetto, ogni unità investigherà le tecniche di protezione di sua competenza. Le tre unità si muoveranno in maniera coordinata, tenendo sempre presente l'obiettivo dell'integrazione finale. Onde mantenere le tre unità "sincronizzate" si prevede di organizzare incontri periodici ogni 3-4 mesi.

Un risultato importante di questo task sarà l'implementazione software delle tecniche studiate da ogni singola unità.

+ Task 1.3: Riassunto dei risultati ottenuti (1 mese)

Lo scopo di questo task è di riassumere quanto trovato nel task precedente e di scegliere le tecniche candidate per l'integrazione futura. Questo task finirà con un incontro tra le unità di ricerca in cui verranno dettate delle linee guida per lo sviluppo della fase 2. In particolare verranno definite quali saranno le informazioni scambiate tra i diversi strati.

- Risultati prodotti dalla Fase 1:

1.a) Una raccolta di letteratura scientifica relativa al problema della trasmissione robusta di segnale multimediale. (dal Task 1.1)

1.b) Implementazione software delle tecniche studiate (dal Task 1.2)

1.c) Un documento descrivente le tecniche di protezione che si intende integrare nelle fasi successive ed un insieme di specifiche di massima, da raffinarsi durante la seconda fase, sulla comunicazione tra i tre strati di protezione. (dal Task 1.3)

* Fase 2: Definizione dello schema di integrazione

- Durata: 4 mesi

- Scopo:

In questa fase

1) verrà investigata la problematica di integrare in un unico schema di massima le tecniche di protezione sviluppate durante la Fase 1.

2) verrà prodotto un insieme di moduli software integrati tra loro secondo lo schema di massima di cui al punto 1). Questo insieme di moduli verrà poi utilizzato per la produzione del dimostratore durante la fase 3.

3) verranno valutate le prestazioni del sistema complessivo di cui al punto 2 allo scopo, eventualmente, di affinare le tecniche di protezione e/o l'integrazione tra gli strati.

- Scomposizione in Task

Questa fase si divide in 3 task:

2.1) Determinazione delle specifiche (1 mese)

2.2) Integrazione delle tecniche (2 mesi)

2.3) Test ed analisi delle prestazioni (1 mese)

+ Task 2.1: Determinazione delle specifiche cross-strato (1 mese)

In questo task verrà deciso come ogni strato comunica con gli altri. In particolare, verranno formalizzate le specifiche (API, formati dei pacchetti, ecc...) per il sistema che entrerà nel dimostratore da costruirsi durante la fase 3. La formalizzazione dell'interfaccia tra strati permetterà alle tre unità di eseguire i task successivi in maniera coordinata pur mantenendo al minimo l'overhead di comunicazione.

La formalizzazione dell'interfaccia permetterà inoltre di produrre moduli software tra loro intercambiabili, aumentando così la flessibilità del sistema.

+ Task 2.2: Integrazione delle tecniche (2 mesi)

In questo task ogni unità modificherà gli strumenti software prodotti durante la prima fase in modo da renderli compatibili con le specifiche decise nel task precedente.

Se necessario, ogni unità potrà preliminarmente produrre moduli "dummy" che rispettino le specifiche pur non svolgendo nessun lavoro utile. Lo scopo dei moduli "dummy" è di permettere ad ogni unità di provare il proprio software prima che sia disponibile la versione finale dei moduli delle altre unità.

Infine, i vari moduli verranno uniti in modo da formare il sistema completo.

+ Task 2.3: Test e analisi delle prestazioni (1 mese)

In quest'ultimo task il sistema complessivo verrà provato e si misureranno le sue prestazioni. I risultati delle misurazioni saranno usati per raffinare le tecniche di protezione e/o l'integrazione tra le parti.

- Risultati prodotti dalla Fase 2:

2.a) Un documento con la descrizione formale dell'interfaccia tra i moduli usati nel prototipo. (dal Task 2.1)

2.b) Un sistema completo, costruito sulla base delle linee guida di cui sopra, indirizzato alla produzione del dimostratore della Fase 3. (dal Task 2.2)

2.c) Misure quantitative delle prestazioni del sistema integrato. (dal Task 2.3)

* Fase 3: Produzione del dimostratore

- Durata: 8 mesi

- Scopo:

In questa fase lo schema di massima ed i singoli moduli software prodotti dalle unità durante la fase 2, verranno specializzati per produrre un dimostratore.

- Scomposizione in Task

Questa fase si divide in 3 task:

3.1) Determinazione della struttura del dimostratore (1 mese)

3.2) Implementazione del dimostratore (6 mesi)

3.3) Test finale e documentazione (1 mese)

+ Task 3.1: Determinazione della struttura del dimostratore (1 mese)

In questo task verrà precisata la struttura del dimostratore finale specificando, tra l'altro, le specifiche del sistema e gli strumenti hardware da usare.

+ Task 3.2: Implementazione del dimostratore (6 mesi)

In questo task ogni unità adatterà i moduli prodotti durante la Fase 2 all'hardware del dimostratore finale. Potrà essere necessario adattare anche i moduli "dummy" prodotti durante la Fase 2 in modo che ogni unità possa verificare il proprio lavoro prima che le altre abbiano finito il loro.

+ Task 3.3: Test finale e documentazione (1 mese)

Questo task prevede il test finale del dimostratore e la scrittura di un documento descrivente lo sviluppo del dimostratore, le difficoltà incontrate e le soluzioni scelte. Lo scopo di questo documento è di integrare le linee guida prodotte durante la Fase 2 con un resoconto di esperienze "sul campo" che possano essere utili a quanti vogliono usare in futuro i risultati di questo progetto.

- Risultati prodotti dalla Fase 3:

3.a) Un documento descrivente lo sviluppo del dimostratore, le difficoltà incontrate e le soluzioni scelte. (dal Task 3.3)

3.b) Il dimostratore stesso (dal Task 3.3)

Testo inglese

As described in the previous sections, the goal of this project is threefold:

- 1) research and valuation of advanced techniques for reliable multimedia transmission
- 2) definition of a framework for the joint use of the protection techniques developed at the previous point
- 3) application of the framework developed at point 2) to produce a demonstrative application

Such a triple goal induces a "natural" division of the project in three different phases. The global structure allows for an efficient coordinate activity of the three research units.

In the following we describe in a detailed way the project structure. More precisely, for each project phase we specify

- its duration
- its objective
- its division in smaller units (tasks)
- the expected results

* Phase 1: Advanced techniques for reliable multimedia transmission

- Duration: 12 months

- Objectives:

During this phase we will research advanced techniques for reliable multimedia transmission. As explained in the research program section, the techniques we plan to investigate can be partitioned in three classes

a) Symbol-level protection by means of error correction codes adaptively chosen according to the perceptive importance of transmitted data

b) Packet-level protection by means of a cross-packet application of forward error correction codes

c) Signal-level protection by means of redundant bases

Such a partition allows to divide the first phase in three different branches, one for each class. Considering the research experience of the three units, it is natural to assign each class to a single unit according to the following table

Class a --> Unit II (UNIGE)

Class b --> Unit III (UNIPD)

Class c --> Unit I (UNIUD)

During Phase 1 each unit will carry out research in its own class coordinating itself with the other two units, always keeping in mind the integration objective of Phase 2.

- Task decomposition

1.1) Analysis of the state of the art (3 months).

1.2) Investigation of protection techniques (11 months)

1.3) Summary of results (1 month)

Tasks 1.1 and 1.2 are carried out in parallel.

+ Task 1.1 Analysis of the state of the art (3 months)

With this task we plan to complete the analysis of the state of the art of techniques for reliable transmission of multimedia data. The objective is to find the most promising approaches and define which still open problems need to be solved.

We plan to schedule at the end of this task a meeting between the research units where each unit will present its result to the other two. The objective of this task is to allow each research unit to plan its future work by knowing the directions taken by the other two. This will help in the integration step (phase 2). A second objective of this meeting is a preliminary definition of the informations exchanged between different layers.

+ Task 1.2 Investigation of protection techniques (11 months)

This task is the "core" part of the project. During this task each units will do research in its class of protection techniques. The units will work in a coordinate way, keeping in mind the future objective of technique integration. In order to allow for a "synchronized" develop we plan to do periodic meeting every 3-4 months.

A very important byproduct of this task will be the production of software tools (programs, libraries, ...) implementing the researched protection techniques.

+ Task 1.3 Summary of results (1 month)

The goal of this task is to do a summary of the results of the first phase and to choose the techniques to be integrated during Phase 2. This task will end with a meeting between the research units where guidelines for the future integration will be specified.

- Expected results

1.a) Summary of the scientific literature related to reliable multimedia transmission. (from Task 1.1)

1.b) Software implementation of the developed techniques. (from Task 1.2)

1.c) Summary of the developed techniques and guidelines for Phase 2. (from Task 1.3)

* Phase 2: Framework definition

- Duration: 4 months

- Objectives:

During this phase we plan to

1) study the problem of integrating in a single framework the protection techniques developed during Phase 1.

2) produce a toolbox of integrated software modules; each module will interface itself with the other ones according to the framework developed during at the previous step. This module toolbox will be used during the development of demonstrative application during Phase 3.

3) valuate the performance of the overall system developed at the previous point in order to, eventually, affine the protection techniques and/or their integration.

- Task decomposition

2.1) Definition of the interfaces between the layers (1 month).

2.2) Integration of the software tools (2 months)

2.3) Test and performances analysis (1 month)

+ Task 2.1: Definition of the interfaces between the layers (1 month).

During this task we will define how each layer communicates with the other ones. More precisely, we will specify in a formal way (APIs, data formats, and so on...) the interfaces of the modules that will be used in the final demo. Formal interface specification is necessary since it will allow a parallel coordinate development, while keeping at a minimum the communication overhead.

A formal specification will allow also the production of interchangeable software modules, increasing the system flexibility.

+ Task 2.2 Integration of the software tools (2 months)

During this task every unit will modify the software tools produced during Phase 1 in order to make them compatible with the interfaces specified during Task 2.1.

If necessary, each unit will produce "dummy" modules. Such "dummies" can prove useful to the other units in order to test their software before the updated modules of the other units is released.

Finally, the modules will be integrated in a complete system.

+ Task 2.3: Test and performances analysis (1 month)

This task is devoted to the measure and analysis of the performance of the integrated system.

- Expected results

2.a) A document with the formal specification of module interfaces to be used in the prototype developed during Phase 3 (from Task 2.1)

2.b) A software integrating the protection techniques developed by the three Units. (from Task 2.2)

2.c) Quantitative measurement of the performances of the integrated system. (from Task 2.3)

* Phase 3: Demonstrative application

- Duration: 8 months

- Objectives

- Task decomposition

3.1) Determination of the structure of prototype (1 month).

3.2) Prototype implementation (6 months)

3.3) Final test (1 month).

+ Task 3.1: Determination of the structure of prototype (1 month)

The structure of the prototype to be developed in Phase 3 will be determined during this task. The hardware to be used in the prototype will also be decided during this phase.

+ Task 3.2: Prototype implementation (6 months)

During this task each unit will adapt its software to the "host" hardware that will be used in the prototype. If necessary, the "dummy modules" produced during Phase 2 will also be adapted.

+ Task 3.3: Final test and final report (1 month).

During this task the prototype will be tested and a document summarizing the project history and results will be produced. The objective of this document is to complement the guidelines produced during Phase 2 with a diary of "field experience" which could prove useful to anyone who wants to apply the results of this project.

- Expected result

3.a) A document summarizing the project history and results. (from Task 3.3)

3.b) The prototype (from Task 3.3)

Descrizione del ruolo delle Unità operative locali

Testo italiano

Unità I L'attività dell'Unità I (UNIUD) riguarda i seguenti aspetti.

RINALDO

Roberto

Nella prima fase del progetto, l'Unità si occuperà dello studio delle tecniche di codifica a descrizioni multiple e, in particolare, delle tecniche che fanno uso di basi ridondanti. In relazione allo scenario considerato nel progetto, verrà posto maggior rilievo all'utilizzo di schemi che producano per quanto possibile descrizioni significative dal punto di vista percettivo. Verrà considerato il problema dell'ottimizzazione della base ridondante scelta in relazione alla statistica delle perdite di pacchetti. Un altro importante problema da analizzare è la determinazione della organizzazione ottimale dei pacchetti, dato che l'ordine di trasmissione è fondamentale rispetto alla capacità di recupero. Verranno considerati algoritmi efficienti per lo schema di ricostruzione. Dal punto di vista teorico, anche nel caso in cui la trasformata ridondante corrisponda ad un banco di filtri sovracampionato, occorre determinare uno schema efficiente per il calcolo dell'operatore duale al ricevitore. Dopo avere definito dettagliatamente le condizioni di ambiente, e stabilito i parametri di simulazione, l'Unità effettuerà una estesa campagna di valutazione delle prestazioni degli algoritmi considerati, in modo da selezionare le soluzioni più efficienti.

Nella seconda fase del progetto, l'Unità collaborerà alla integrazione delle tecniche e alla loro ottimizzazione complessiva. In questa fase, verranno realizzati dall'Unità i moduli software relativi all'implementazione delle tecniche ritenute più efficienti, usando un'interfaccia software comune e decisa preventivamente. Nell'ambito della definizione di una politica di packet-labeling, di cui si occuperà principalmente l'Unità III - UNIPD, gli algoritmi sviluppati dall'Unità potranno scambiare informazioni con i moduli operanti agli strati protocollari inferiori.

Nella terza fase del progetto, l'unità collaborerà allo sviluppo del dimostratore. Il pacchetto software con le tecniche integrate verrà adattato alle caratteristiche specifiche del dimostratore. Prevedendo di usare per quanto possibile schede standard per la trasmissione radio, occorrerà interfacciare la parte di software sviluppata dall'Unità con il software a basso livello utilizzato. Tale sviluppo verrà effettuato principalmente da questa Unità. L'Unità collaborerà inoltre, per la parte che ad essa compete, alla stesura dei documenti riassuntivi previsti nella varie fasi del progetto. Come parte dell'attività di coordinamento, l'Unità organizzerà incontri periodici con i partner allo scopo di controllare l'andamento del progetto.

Unità II L'attività dell'Unità II (UNIGE) riguarda i seguenti aspetti.

LAVAGETTO

Fabio Nella prima fase del progetto, l'Unità si occuperà dello studio delle famiglie di codici a blocco, convoluzionali e

turbo-codici per la correzione di errori sul canale a livello data-link. Le caratteristiche del codice e la ridondanza introdotta andranno modulate sulla base dell'importanza dei pacchetti relativamente ad un certo criterio di costo. In particolare, verrà investigata la possibilità di applicare gli algoritmi UEP ad un bitstream JPEG-2000 e H.264 con riferimento alla segmentazione dei dati (data partitioning) prevista dagli standard. L'algoritmo che l'Unità intende sviluppare minimizza una funzionale di costo per stabilire la configurazione ottima del sistema di codifica a partire da conoscenze su: caratteristiche specifiche del canale (BER, banda a disposizione e natura a burst o meno), tipo di dati da trasmettere (immagini singole o video), vincoli temporali, importanza e organizzazione dei pacchetti, vincoli energetici.

Le informazioni richieste vengono stimate direttamente durante la trasmissione, oppure comunicate attraverso un'opportuna sintassi di packet-labeling che si intende sviluppare, nella seconda fase del progetto, soprattutto da parte dell'Unità III - UNIPD. Dopo avere definito dettagliatamente le condizioni di ambiente, e stabilito i parametri di simulazione, l'Unità effettuerà una estesa campagna di valutazione delle prestazioni degli algoritmi considerati, in modo da selezionare le soluzioni più efficienti.

Nella seconda fase del progetto, l'Unità collaborerà alla integrazione delle tecniche e alla loro ottimizzazione complessiva. In questa fase, verranno realizzati dall'Unità i moduli software relativi all'implementazione delle tecniche ritenute più efficienti, usando un'interfaccia software comune e decisa preventivamente. Nell'ambito della definizione di una politica di packet-labeling, di cui si occuperà principalmente l'Unità III - UNIPD, gli algoritmi sviluppati dall'Unità potranno scambiare informazioni con i moduli operanti agli strati protocollari superiori per adattare le tecniche usate per recuperare le perdite di pacchetti e la suddivisione in descrizioni multiple.

Nella terza fase del progetto, l'unità collaborerà allo sviluppo del dimostratore. Il pacchetto software con le tecniche integrate verrà adattato alle caratteristiche specifiche del dimostratore. Prevedendo di usare per quanto possibile schede standard per la trasmissione radio, occorrerà interfacciare la parte di software sviluppata dall'Unità con il software a basso livello utilizzato (e sviluppato dall'Unità I - UNIUD). L'Unità collaborerà inoltre, per la parte che ad essa compete, alla stesura dei documenti riassuntivi previsti nella varie fasi del progetto.

Unità III
MIAN Gian
Antonio

L'attività dell'Unità III (UNIPD) riguarda i seguenti aspetti.

Nella prima fase del progetto, l'Unità si occuperà dell'analisi e della valutazione delle tecniche di protezione basate sull'utilizzo di codici FEC cross-pacchetto. In particolare, verrà studiato un algoritmo adattativo in grado di ottimizzare le prestazioni dello schema in maniera congiunta con la codifica di sorgente, con particolare riferimento alla codifica video. In vista dell'utilizzo di algoritmi di compressione video basati su compensazione del moto, verrà considerato il problema della propagazione dell'errore (tipico degli schemi di codifica differenziale) e le relative tecniche di refresh del frame buffer. Si noti che il problema della propagazione dell'errore è comune anche alle tecniche a descrizione multipla, e quindi i risultati di questa attività saranno usati nella seconda fase del progetto per l'integrazione delle varie tecniche. Accanto allo studio dei FEC, l'Unità considererà uno schema ibrido FEC-MD, basato sul campionamento dei vettori di moto, da confrontare nella seconda fase con le tecniche MD sviluppate dall'Unità I (UNIUD). Nell'ambito dell'ottimizzazione congiunta sorgente/canale, l'Unità si occuperà anche di possibili ottimizzazioni relativamente alla scelta dei parametri del codificatore H.264, in modo da rendere possibili implementazioni a basso costo computazionale. Dopo avere definito dettagliatamente le condizioni di ambiente, e stabilito i parametri di simulazione, l'Unità effettuerà una estesa campagna di valutazione delle prestazioni degli algoritmi considerati, in modo da selezionare le soluzioni più efficienti.

Nella seconda fase del progetto, l'Unità collaborerà alla integrazione delle tecniche e alla loro ottimizzazione complessiva. In questa fase, verranno realizzati dall'Unità i moduli software relativi all'implementazione delle tecniche ritenute più efficienti, usando un'interfaccia software comune e decisa preventivamente. Infine, l'Unità provvederà alla definizione di algoritmi di packet-labeling in grado di caratterizzare l'importanza nel processo di decodifica delle informazioni inviate. Questa classificazione verrà utilizzata a livello di canale negli algoritmi di Unequal Error Protection (UEP) messi a punto dall'Unità II - UNIGE. Analogamente, è prevista una modalità di comunicazione con lo strato applicativo per adattare il processo di creazione delle descrizioni multiple.

Nella terza fase del progetto, l'unità collaborerà allo sviluppo del dimostratore. Il pacchetto software con le tecniche integrate verrà adattato alle caratteristiche specifiche del dimostratore. Prevedendo di usare per quanto possibile schede standard per la trasmissione radio, occorrerà interfacciare la parte di software sviluppata dall'Unità con il software a basso livello utilizzato (e sviluppato dall'Unità I - UNIUD). L'Unità collaborerà inoltre, per la parte che ad essa compete, alla stesura dei documenti riassuntivi previsti nella varie fasi del progetto.

Testo inglese

Unit I
RINALDO
Roberto

The activity of Unit I (UNIUD) will be focused on the following aspects.

In the first phase of the project, the Unit will analyze and evaluate multiple description coding techniques and, in particular, multiple description coding using redundant bases. Given the scenario considered in the project, more consideration will be devoted to schemes that originate perceptively significant descriptions. The Unit will consider the problem of the optimization of the redundant basis for a given packet loss statistics. Another important problem which will be considered is packet organization, since the transmission order can be crucial for erasure recovery performance. Efficient algorithms for the synthesis stage will be analyzed. From a theoretical point of view, even when the redundant basis is obtained by means of an oversampled filterbank, one has to determine the dual of the analysis operator in an efficient way at the receiver. After accurate definition of the working conditions and of the simulation parameters, this unit will perform extensive simulations to evaluate the performance of the techniques and select the most promising ones.

In the second phase of the project, this Unit will collaborate toward the integration of the techniques and their global

optimization. During this phase, this Unit will implement the software modules for the most efficient techniques analyzed in phase one, using a common and previously defined interface. By means of an appropriate packet-labeling procedure, defined on the basis of the contribution from Unit III - UNIPD, the modules developed by this Unit will be able to exchange information with the other modules in lower layers.

In the third phase of the project, this Unit will collaborate to the development of the demonstrator. The software package with the integrated techniques will be adapted to the demonstrator characteristics. In view of the use of standard boards for radio transmission, it will be necessary to interface the software modules with the board. To this purpose, this Unit will write the necessary low-level software. This Unit will also collaborate to the preparations of the summary documents required for each part of the project. As part of the coordination effort, this Unit will organize regular meetings with the partners to check the progress of the project.

The activity of Unit II (UNIGE) will be focused on the following aspects.

Unit II
LAVAGETTO
Fabio

In the first phase of the project, the Unit will analyze and evaluate the performance of block codes, convolutional codes and turbo codes for symbol error protection at the data-link level. The characteristics of the code and the amount of redundancy will be modulated on the basis of information importance according to a specific cost function. In particular, the Unit will consider the use of UEP schemes to protect JPEG2000 and H.264 bit streams, taking advantage of the data-partitioning procedures of the standards. This Unit will develop an algorithm to optimize performance on the basis of the following information: channel characteristics (BER, bandwidth, average length of error bursts), data type (single images or video), time constraints, importance and organization of the packets, power constraints. The required information is estimated during transmission, or communicated via packet-labeling, according to a predefined syntax which will be defined in the second phase of the project, especially with contributions from Unit III - UNIPD. After accurate definition of the working conditions and of the simulation parameters, this unit will perform extensive simulations to evaluate the performance of the techniques and select the most promising ones.

In the second phase of the project, this Unit will collaborate toward the integration of the techniques and their global optimization. During this phase, this Unit will implement the software modules for the most efficient techniques analyzed in phase one, using a common and previously defined interface. By means of an appropriate packet-labeling procedure, defined on the basis of the contribution from Unit III - UNIPD, the modules developed by this Unit will be able to exchange information with the other modules in upper layers, to allow for adaptation of the techniques for packet erasure protection and multiple description generation.

In the third phase of the project, this Unit will collaborate to the development of the demonstrator. The software package with the integrated techniques will be adapted to the demonstrator characteristics. In view of the use of standard boards for radio transmission, it will be necessary to interface the software developed by this Unit with the board (board specific software will be developed by Unit I - UNIUD). This Unit will also collaborate to the preparations of the summary documents required for each part of the project.

The activity of Unit III (UNIPD) will be focused on the following aspects.

Unit III
MIAN Gian
Antonio

In the first phase of the project, the Unit will analyze and evaluate the protection techniques based on the use of cross-packet FEC. In particular, the Unit will develop an adaptive algorithm capable to jointly optimize the performance of the FEC coding scheme and source coding. Video coding will be considered in particular. In view of the fact that motion compensated video coders will be used, the Unit will analyze the problem of error propagation, which is typical of differential coding. Appropriate frame buffer refresh techniques will be defined. Note that the problem of error propagation is present also for multiple description schemes, so that the results of this analysis will be important for the integration process in phase two of the project. Besides FEC techniques, this Unit will also analyze a hybrid FEC-MD scheme, based on motion vector subsampling. This technique will be compared in the second phase of the project with the MD techniques considered by Unit I - UNIUD. With the objective of a joint optimization with source coding, this Unit will also consider efficient schemes to drive the choice of coding parameters in H.264, so to make possible low-complexity implementations.

After accurate definition of the working conditions and of the simulation parameters, this unit will perform extensive simulations to evaluate the performance of the techniques and select the most promising ones.

In the second phase of the project, this Unit will collaborate toward the integration of the techniques and their global optimization. During this phase, this Unit will implement the software modules for the most efficient techniques analyzed in phase one, using a common and previously defined interface.

Finally, this Unit will define appropriate packet-labeling procedures to characterize the importance of sent information. This classification will be used at the link-level to drive the unequal error protection algorithms developed by Unit II - UNIGE. Similarly, a cross-layer information exchange procedure will be defined to drive the parameters of the MD scheme used at the application layer.

In the third phase of the project, this Unit will collaborate to the development of the demonstrator. The software package with the integrated techniques will be adapted to the demonstrator characteristics. In view of the use of standard boards for radio transmission, it will be necessary to interface the software developed by this Unit with the board (board specific software will be developed by Unit I - UNIUD). This Unit will also collaborate to the preparation of the summary documents required for each part of the project.

PARTE III

3.1 Spese delle Unità di Ricerca

	Unità I	Unità II	Unità III
Grandi Attrezzature	0	0	0
Materiale inventariabile	5.000	3.000	2.000
Materiale di consumo e funzionamento	5.000	4.000	4.000
Spese per calcolo ed elaborazione dati	0	1.000	2.000
Personale a contratto	30.000	30.000	28.000
Servizi esterni	0	0	0
Missioni	2.000	2.000	7.000
Pubblicazioni	0	0	0
Partecipazione / Organizzazione convegni	8.000	10.000	2.000
Altro	0	0	0
TOTALE	50.000	50.000	45.000

3.2 Costo complessivo del Programma di Ricerca

	Unità I	Unità II	Unità III
RD+RA (fondi di Ateneo)	15.000	15.000	13.500
Cofinanziamento di altre amministrazioni pubbliche, private o fondazioni	0	0	0
Cofinanziamento richiesto al MIUR	35.000	35.000	31.500
Costo totale del programma	50.000	50.000	45.000

	Euro
Costo complessivo del Programma	145.000
Risorse complessivamente disponibili all'atto della domanda (RD + RA)	43.500
Cofinanziamento di altre amministrazioni pubbliche, private o fondazioni	0
Cofinanziamento richiesto al MIUR	101.500

(per la copia da depositare presso l'Ateneo e per l'assenso alla diffusione via Internet delle informazioni riguardanti i programmi finanziati e la loro elaborazione necessaria alle valutazioni; D. Lgs, 196 del 30.6.2003 sulla "Tutela dei dati personali")

Firma _____

Data 14/04/2005 ore 16:04