



## SISTEMI SCADA DMS PER LA SUPERVISIONE E TELCONTROLLO DELLA RETE MT/BT DELLE CITTA' DI BRESCIA E VERONA



s.d.i. automazione industriale ha realizzato i sistemi di telecontrollo e automazione della rete di media tensione delle città di Brescia e Verona (gestite dalle rispettive società municipalizzate ASM e AGSM).

I sistemi introdotti hanno consentito un miglioramento della continuità del servizio riducendo i tempi di individuazione e ripristino dei guasti ed il numero delle interruzioni.

Inoltre essi provvedono a fornire agli Enti Regolatori (Autorità per l'Energia) tutte le informazioni necessarie per certificare la qualità del servizio erogato. In entrambe le applicazioni il Sistema di Telecontrollo è stato integrato nel Sistema Informativo Aziendale, in modo che i dati tipici della funzione di telecontrollo siano fruibili da parte di tutti i Sistemi informatici e che la consistenza dei processi informatizzati sia garantita da procedure di allineamento dei dati, in particolare per quanto riguarda i dati anagrafici e la struttura topologica della rete.

Il sistema è completato da un simulatore (sistema replica) che permette di analizzare situazioni di impianto precedenti (foto di impianto) ripercorrendo le fasi di guasto e di sperimentare nuovi assetti di rete. L'integrazione con il sistema NEPLAN permette di utilizzare i dati reali di impianto per effettuare analisi di rete.

### ***Un Sistema di telecontrollo di grandi dimensioni***

Il telecontrollo delle reti di distribuzione MT/BT è stato realizzato utilizzando il sistema di telecontrollo eXPert di s.d.i. automazione industriale; esso è basato su uno SCADA/DMS in grado di gestire in modo efficace applicazioni di grandi dimensioni come quelle realizzate per Brescia (città e valle di Salò) e Verona.

Per avere una idea delle dimensioni in termini impiantistici si ha, ad esempio per il sistema di Brescia la situazione riportata di seguito.

- 3900 Cabine di cui 960 telecontrollate
- 1600 Utenti
- 480 RG
- 2000 Nodi
- 800 PTP
- 1600 Sezionatori
- 128 Interruttori di stazione (direttrici)

Tali dimensioni impiantistiche si riflettono sul sistema SCADA DMS implementato che si attesta sui seguenti valori per ciò che concerne il database dinamico delle variabili impiantistiche:

15700 Ingressi Digitali, 9900 Uscite Digitali, 250 Ingressi Analogici, 50 Uscite Analogiche.

La gestione dell'assetto di rete ha richiesto un database locale aggiuntivo all'I/O di 66000 punti digitali calcolati non standard, 8000 analogici, 17000 stringhe e 3000 organi.

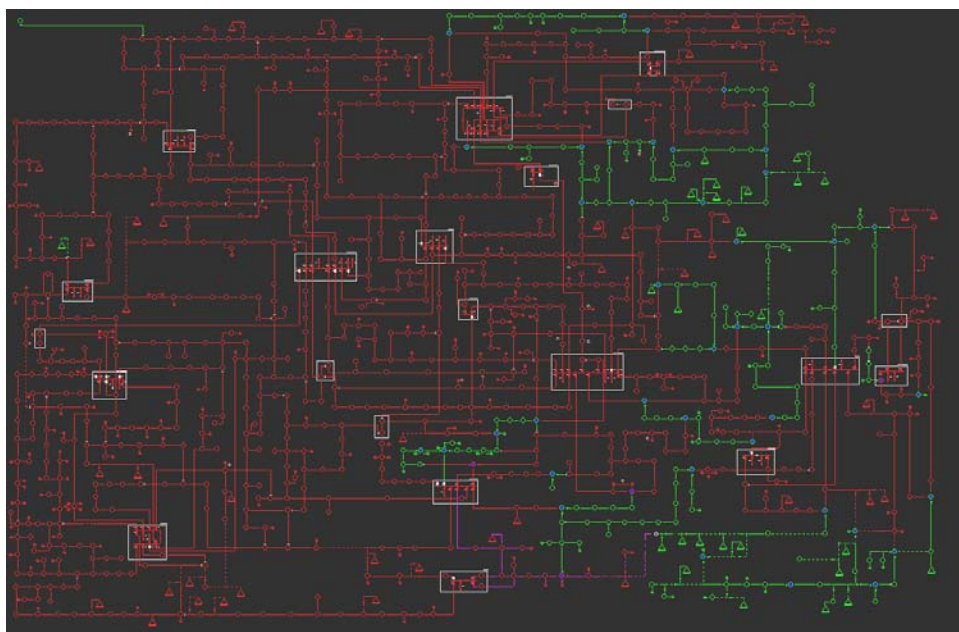
Particolarmente significativa è la pagina sinottico dell'intera rete di distribuzione, che visualizza lo stato della intera rete telecontrollata, sempre nel caso citato, tale pagina è composta da ben 95000 oggetti grafici animati in funzione dello stato dell'impianto. Le dimensioni della pagina, che viene visualizzata tramite funzioni di scroll, pan e zoom, sulle stazioni di sala controllo, sono pari a 64000 x 48000 pixel, equivalenti a una matrice di 1600 (40 x 40) monitor di risoluzione 1600 x 1200. Nonostante i dimensionamenti decisamente importanti i tempi di caricamento della pagina sono di pochi secondi e solo per la prima visualizzazione; inoltre le caratteristiche di aggiornamento dell'animazione per variazione consentono un efficace utilizzo delle funzioni di HMI addirittura su stazioni portatili connesse via GSM, come è il caso delle postazioni in dotazione del personale che esegue gli interventi sul campo.

### **Le funzioni DMS**

Le funzioni realizzate sono quelle tipiche di un sistema di gestione della distribuzione elettrica (Distribution Management System):

- Gestione grafica del topologico della rete con funzionalità di zoom, pan e scroll
- Aggiornamento dinamico del topologico
- Gestione di differenti tipi di rappresentazione grafiche della rete (funzionale, per direttrici e per livelli di tensione delle linee)
- Integrazione nativa con i dispositivi RTU con connessioni su differenti media di comunicazione e protocolli
- Funzionalità automatica di ricerca del tronco guasto
- Modalità studio per analisi off-line dello stato della rete e delle possibili manovre effettuabili.

Il sistema è in grado di calcolare il flusso delle tensioni aggiornando i punti in data base associati ai vari componenti del topologico; inoltre viene calcolata la direzione dell'alimentazione e le eventuali contro-alimentazioni



La procedura di ricerca del tronco guasto comprende l'interrogazione delle periferiche telecontrollate coinvolte e l'analisi degli eventi relativi ai guasti omopolare, corto circuito ed assenza di tensione

Completa le funzionalità a disposizione la possibilità di memorizzare in un data base relazionali le 'foto' di impianto e le variazioni degli interruttori del topologico per poterli successivamente studiare ed analizzare utilizzando la stazione Simulatore.

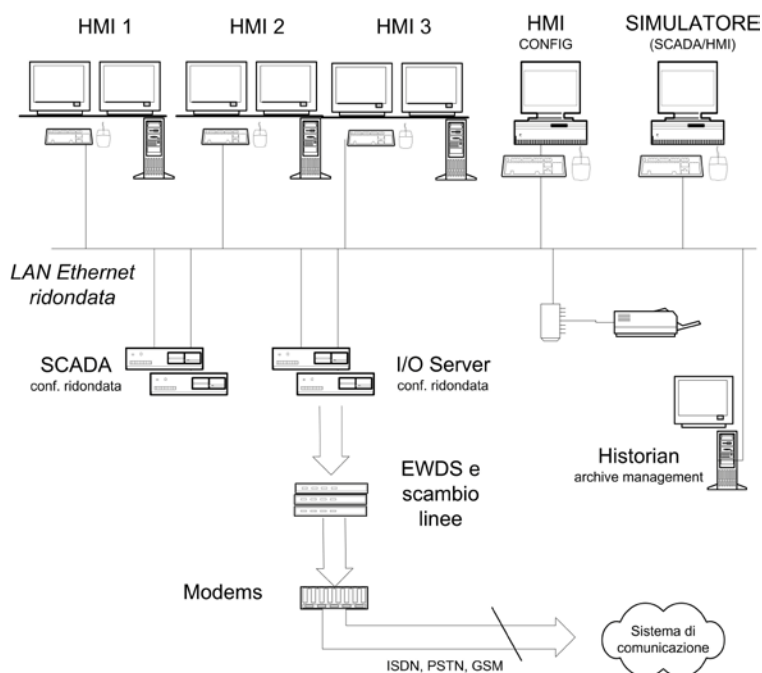
Altro add-on di fondamentale importanza, in ordine alle vigenti norme, la possibilità di generare la reportistica relativa alle alimentazioni/disalimentazioni degli utenti per integrarla nel pacchetto RIRE (Registro Interruzioni Rete Elettrica).

## La architettura del sistema

Il sistema è basato su una architettura che distribuisce le varie funzionalità su workstations e server connessi in rete locale. I sistemi operativi sono di classe Windows.

Il cuore del sistema è costituito dai PC che ospitano il sistema SCADA; per motivi di affidabilità e continuità di esercizio tali funzionalità sono gestite da una coppia di PC in configurazione hot backup. Stesso livello di ridondanza è stato scelto per i PC che svolgono le funzioni di front end verso le apparecchiature di telecontrollo.

L'interfaccia operatore è garantita da una serie di PC che consentono la visualizzazione della rete MT/BT e della rete AT (caso della valle di Salò). E' possibile in funzione dell'operatore che accede al sistema presentare uno dei due livelli di rete o entrambe. Inoltre le stesse postazioni possono essere utilizzate per interfacciarsi con la stazione studio e possono quindi disporre di tutte le funzionalità in sessioni simulate o di studio di casi registrati. Il sistema permette inoltre la connessione di stazioni operatore portatili (via GSM) che, consentono la visualizzazione e l'interazione con la totalità o con una parte degli impianti. Anche le funzioni per la reportistica e l'analisi del registro interruzioni rete elettrica sono accessibili da un qualunque PC connesso in rete (ovviamente in possesso delle credenziali di accesso) utilizzando il semplice web browser.



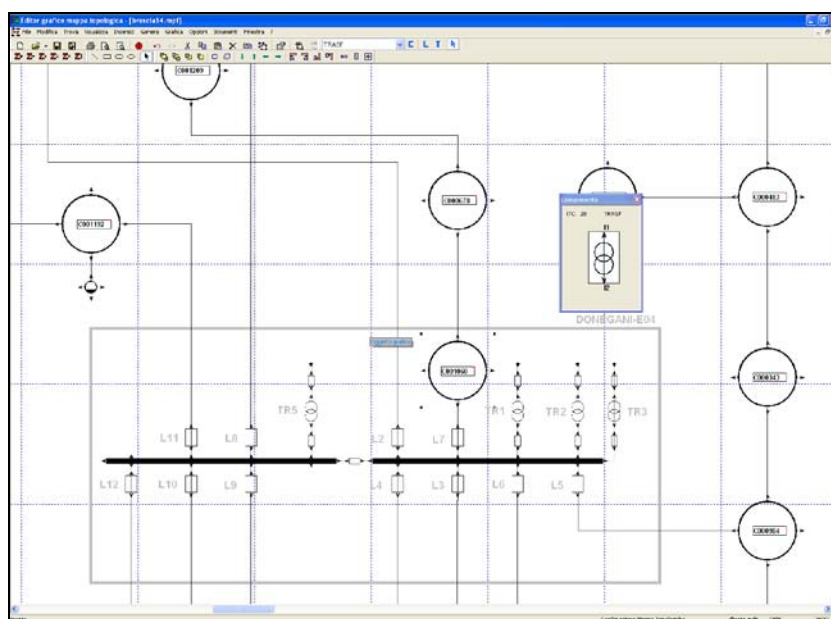
## **Dal Topologico al Sinottico Animato**

I sistemi DMS hanno complesse esigenze dal punto di vista della creazione della configurazione iniziale del sistema; si pensi soltanto alla laboriosità di una creazione manuale dello schema topologico della rete. E' necessario infatti che lo schema di rete tenga in considerazione della connettività di ogni singolo nodo e permetta l'implementazione degli algoritmi di visualizzazione ad esempio dello stato di alimentazione della rete stessa o della ricerca del tronco guasto.

Sono quindi estremamente utili meccanismi di importazione/esportazione dei dati topologici che permettano di utilizzare tutte le informazioni già esistenti in formato informatizzato.

L'elemento centrale di questa fase implementativa è stato l'utilizzo del tool GIPE (Graphical Interface Page Editor); uno strumento per la creazione di schemi topologici strutturato ad oggetti.

I punti di forza di GIPE sono la possibilità di importare/esportare dati di tipo topologico e/o anagrafici delle cabine e delle utenze, attraverso una interfaccia basata su XML e la possibilità di generare automaticamente in base ai dati e allo schema topologico disegnato, sia la pagina di sinottico HMI che la configurazione del database SCADA DMS.



Nel caso degli impianti citati si è partiti da informazioni topologiche presenti nell'applicativo NEPLAN già utilizzato nell'azienda del cliente e da dati relativi alle utenze presenti in un database aziendale basato su Oracle. E' stata eseguita una prima importazione dei dati che ha consentito di effettuare il disegno del topologico di rete a partire da una base di informazioni già automaticamente disponibili.

Completato il disegno topologico è stata attivata la creazione automatica del database SCADA DMS e della pagina di sinottico di rete per le stazioni di HMI.

## **La flessibilità della struttura ad oggetti**

GIPE e lo stesso SCADA DMS sono basati su una struttura ad oggetti che riflette perfettamente la realtà impiantistica dei singoli apparati presenti sul campo.

Ad ogni oggetto grafico posizionato su uno schema topologico sono associate informazioni relative, alla visualizzazione grafica, alle variabili di database SCADA associate, al dispositivo RTU di acquisizione (se presente), alla connessione con altri oggetti.

Ciò ha consentito una flessibile personalizzazione delle logiche di animazione e di trattamento dei dati in funzione delle richieste dell'utente finale e delle caratteristiche del dispositivo telecontrollato.

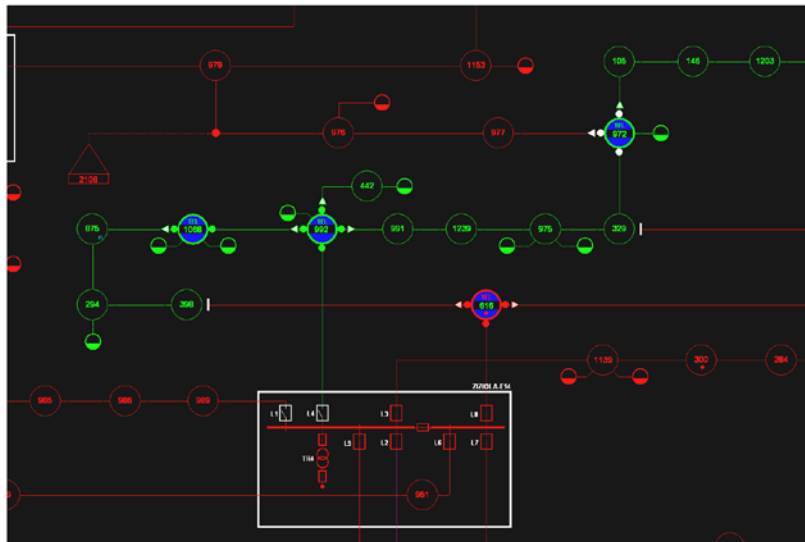


Sono stati realizzati oggetti relativi ai seguenti componenti MT:

- Interruttori di Stazione Telecontrollati e funzionali
- Cabine Telecontrollate e funzionali
- Utenti
- Sezionatori
- Nodi
- RG (Rilevatori Guasto)

Sono inoltre stati realizzati componenti AT quali:

- Generatori
- Sbarre
- Interruttori



## ***L'integrazione del telecontrollo delle cabine alta tensione***

Dove possibile la competenza del sistema è stata estesa al telecontrollo delle cabine AT.

La flessibilità e modularità del sistema è stata sfruttata per poter acquisire segnali provenienti da media di trasporto, protocolli ed apparati di acquisizione di tipo differente. In un sistema DMS è infatti di primaria importanza poter disporre dei segnali provenienti da apparati già pre-esistenti sul campo o che erano di competenza di altri sistemi di telecontrollo.

In alcuni casi è stato possibile inoltre arricchire il sistema DMS con algoritmi specifici che consentono di completare le informazione presenti nel sistema telecontrollato pre-esistente tramite deduzione algoritmica di eventi di dettaglio.

A titolo di esempio citiamo l'integrazione degli apparati ENEL denominati TPT240 spesso demandati al telecontrollo delle cabine di alta.





## **Una estensione al sistema DMS: algoritmi di correlazione per il monitoraggio delle cabine ENEL AT tramite TPT240.**

In questo specifico caso è stato sviluppato un algoritmo per la analisi degli eventi relativi agli interruttori nelle cabine primarie (gestione delle correlazioni).

Le tipologie di interruttore considerate, dovendo tener conto delle specificità, sono quelle relative a: linea MT, linea AT, trasformatore, rifasamento, congiuntore, servizi ausiliari, interruttore di traslazione utilizzato in sostituzione dell'interruttore di un trasformatore.

La funzione consente di individuare con precisione eventi riscontrati sulle singole linee afferenti alla cabina a partire da allarmi "comunizzati" acquisiti dall'apparato di teleconduzione. Infatti l'apparato TPT240 riporta alle funzioni di telecontrollo un generico allarme comunizzato per sezione (MT, AT, trasformatori, rifasamento) e le informazioni relative allo stato degli interruttori; è quindi necessario mettere in correlazione l'evento comunizzato (ad esempio uno scatto di protezione) con la rilevazione delle aperture/(ri-)chiusure degli interruttori, per dar luogo alle segnalazioni specifiche di evento relativo al singolo interruttore.

Ad esempio per la sezione MT possono essere discriminati per ogni linea uscente i seguenti eventi:

Neutralizzazione in corso
Richiusure: Rapida Impartita, Lenta Impartita, Memorizzata Impartita
Scatto MAX I: 1°, 2°, 3° soglia
Scatto Direz. di terra 1°, 2°,3°,4°,5° soglia
Scatti Multipli
Apertura anomala, intenzionale, da telecontrollo, apertura definitiva
Chiusura anomala, intenzionale, da telecontrollo
Chiusura Rapida, Lenta, Memorizzata, Attesa di richiusura
Stato Incongruente (anomalo, intenzionale, da telecontrollo)

L'algoritmo tiene conto della tipologia delle cabina e degli interruttori telecontrollati in termini di numero e tempi di richiusura, di movimentazione, di evoluzione di avviamento in scatto della protezione; inoltre vengono corretti eventuali errori nell'ordine cronologico di acquisizione al fine di ricostruire la corretta sequenza degli eventi.

Il risultato finale è quello di avere la gestione completa nel sistema DMS di tutti gli eventi, discriminando le linee specifiche interessate; gli operatori ritrovano uniformemente in pagina allarmi e in pagina eventi le registrazioni puntuali delle sequenze di eventi che hanno avuto luogo.

## **Integrazione del telecontrollo della rete AT: la valle di Salò.**

L'alto grado di espandibilità (sia dimensionale che funzionale) ha consentito di gestire anche un sistema di distribuzione AT, quello della valle di Salò, internamente al medesimo sistema. E' stata creata una ulteriore pagina sinottico specifica che rappresenta la relativa rete AT e le cabine di alta interconnesse. Tale pagina consente di telecontrollare la rete AT in concomitanza alla rete MT. Nella implementazione specifica si è scelto di utilizzare postazioni operatore dedicate per ciascuna delle due funzioni, pur essendo il sistema centralizzato a livello di SCADA DMS.

## **Post-analisi, simulazione e calcolo elettrico: la stazione studio e l'interfacciamento con NEPLAN**

La stazione studio permette di riprodurre situazioni di impianto e sequenze di manovra registrate in precedenza sul sistema DMS. Si tratta di un vero e proprio simulatore, basato su uno SCADA locale e sull'accesso al database Oracle per la memorizzazione/caricamento delle situazioni impiantistiche e delle manovre ad esse correlate.

L'interfaccia utente è perfettamente analoga a quella del sistema DMS e permette di operare come se si fosse connessi al sistema telecontrollato; la stazione studio è integrata completamente nel sistema DMS; infatti è possibile attivare sul sistema di telecontrollo un meccanismo di memorizzazione automatica periodica dello stato degli impianti e della configurazione del sistema (si parla di "foto di impianto" o di "snapshot") nonché delle manovre effettuate. La memorizzazione viene effettuata appoggiandosi al database relazionale (Oracle), secondo un formato direttamente ricaricabile dalla stazione "studio".

Le funzioni presenti sulla stazione "studio" consentono il caricamento di "foto di impianto" relative alle situazioni memorizzate dal sistema di telecontrollo (quindi perfettamente corrispondenti a situazioni riscontrate nella realtà impiantistica) e la attivazione sequenze di manovre (lista manovre) effettuate dall'operatore in risposta a quelle situazioni.

E' possibile far evolvere il sistema a partire dalle foto caricate e generare una nuova situazione "simulata".

L'evoluzione del sistema può essere ottenuta mandando in esecuzione step by step le liste di manovre memorizzate o effettuando nuove tipologie di manovra.

Anche gli assetti di impianto ottenuti durante una simulazione possono essere salvati come "foto di simulazione" e le rispettive manovre effettuate sul simulatore in "liste manovre simulate".

Complessivamente la stazione studio mette a disposizione sia un modo per ripercorrere situazioni accadute nel passato che un ausilio per ipotizzare nuove modalità di intervento e di manovra a partire da situazioni reali o simulate.

E' importante notare come il sistema permetta l'utilizzo di foto precedenti a modifiche di configurazione (es: modifiche nel topologico); in questo caso viene caricata nel simulatore l'intera configurazione salvata (non solo i dati e valori impiantistici, ma anche la struttura del database SCADA e le pagine grafiche sinottiche corrispondenti).

Un'altra funzione importante, realizzata utilizzando il simulatore tramite il caricamento di situazioni "storiche", è l'interfacciamento del *simulatore* con il registro delle interruzioni della rete elettrica (RIRE), che consente di utilizzare il *simulatore* stesso per la produzione o riproduzione semiautomatica di record di interruzione che fanno riferimento a situazioni passate.

### **Funzioni di calcolo elettrico**

Per la esecuzione delle funzioni di calcolo è stato scelto di interfacciarsi con un prodotto specialistico già in uso in azienda.

Le funzioni di calcolo elettrico infatti sono realizzate dal pacchetto NEPLAN (noto programma per analisi di reti elettriche prodotto da BCP-Zurigo).

Il programma NEPLANINTERFACE permette l'importazione e l'esportazione della struttura topologica della mappa e dello stato degli interruttori da e verso NEPLAN.

L'applicativo in questione in fase di importazione genera un file XML a partire dal DB Access esportato da NEPLAN, in fase di esportazione modifica il DB Access importabile in NEPLAN in base ai dati contenuti nel file XML.

### **Informazioni per l'Authority: il registro delle interruzioni (RIRE)**

La funzione del sistema RIRE (Registro Interruzioni Rete Elettrica) è quella di archiviare, elaborare e analizzare i dati relativi all'impianto come richiesto dall' Authority. Tale esigenza si traduce nella realizzazione di un software in grado di recepire senza difficoltà tutti gli adeguamenti della normativa.

Il RIRE consente una registrazione puntuale di tutti i dati acquisiti dal sistema SCADA DMS, sia da oggetti telecontrollati che da oggetti funzionali, che interessano un disservizio. Ogni singolo evento che interessa un oggetto o elemento della rete MT viene registrato, completo di marca oraria, e inserito nel database relazionale (Oracle 9.2) nativo al sistema. E' possibile interfacciarsi anche



verso gli ambienti Oracle tipicamente presenti in un'azienda, rendendo così disponibile la consultazione dei dati anche con strumenti tradizionali. Il RIRE si occupa di rielaborare i singoli eventi ed associarli al macro evento del disservizio, discriminando anche le fasi caotiche dell'impianto, ad esempio in occasione di forti temporali.

The screenshot shows the RIRE web application interface. At the top, there are navigation buttons: 'Pagina MAIN', 'Info Utente', 'Precedente', 'Utente: ADMINISTRATOR', and 'Report'. The main content area is titled 'STATISTICA INTERRUZIONE' and displays a detailed report for an interruption on 26-07-2004 at 12:00. The report includes a summary table with columns for 'Data ora inizio/fine', '29 Telecontrollo', 'Breve', 'Origine', and 'BT'. Below this is a table of 'Utenti Coinvolti' with columns for 'AT', 'MT', 'BT', and 'BBT'. The 'Rilevazione' is 'TELECONTROLLO', 'Reparto' is 'SALA TELECOMANDI', and 'Causa' is 'ALTRE'. A 'NOTE' section is also present. At the bottom, there is a table with columns for 'DATA e ORA', 'EVENTO', 'N. Utenti AT', 'N. Utenti MT', 'N. Utenti BT', and 'N. Utenti BBT'. The events listed are 'DISALIMENTATI' and 'RIALIMENTATI' with corresponding user counts. A summary table at the very bottom shows 'Tipo: BT', 'Cabina: CAB-000988', 'Cliente: --', 'Trafo: TR1', 'Partenza: --', and 'Durata Interruzione: 00:09'.

Interruzione	29 Telecontrollo	Breve	Origine	BT
Data ora inizio/fine	26-07-2004 12:00	26-07-2004 12:17	Comunicazione	ALTR0
Utenti Coinvolti	AT: 0, MT: 0, BT: 225, BBT: 12	Informazioni	E14-ZIOLA Linea 01	
Rilevazione	TELECONTROLLO	Preavviso	SENZA PREAVVISO	
Reparto	SALA TELECOMANDI	Operatore		
Causa	ALTRE			
Sottocausa	VARIE			
NOTE				

DATA e ORA	EVENTO	N. Utenti AT	N. Utenti MT	N. Utenti BT	N. Utenti BBT
26-07-2004 12:00:00	DISALIMENTATI	0	0	2	0
26-07-2004 12:02:00	RIALIMENTATI	0	0	1	0
26-07-2004 12:04:00	DISALIMENTATI	0	0	1	0
26-07-2004 12:06:00	RIALIMENTATI	0	0	1	0
26-07-2004 12:10:00	DISALIMENTATI	0	0	1	0
26-07-2004 12:15:00	RIALIMENTATI	0	0	1	0
26-07-2004 12:17:00	RIALIMENTATI	0	0	1	0

Tipo	Cabina	Cliente	Trafo	Partenza	Durata Interruzione
BT	CAB-000988	--	TR1	--	00:09

L'applicazione RIRE è basata su una architettura client-server può essere utilizzata su qualunque PC connesso in rete utilizzando il Web Browser.

Le principali funzionalità fornite da RIRE sono:

- Analisi eventi di disalimentazione e alimentazione manuale e provenienti dai sistemi di telecontrollo
- Verifica dei raggruppamenti di disalimentazioni e alimentazioni in un' unica interruzione
- Gestione delle informazioni relative alle interruzioni
- Organizzazione dei dati relativi all'evento in base alle categorie e ai parametri utilizzati dall' Authority e conseguente produzione di una reportistica contenente la 'storia' del guasto