



# “Ridondanza dei sistemi nel mondo reale”

**Carlo Muzzi**  
muzzi@acm.org

**CONGRESSO NAZIONALE AICA 2009**

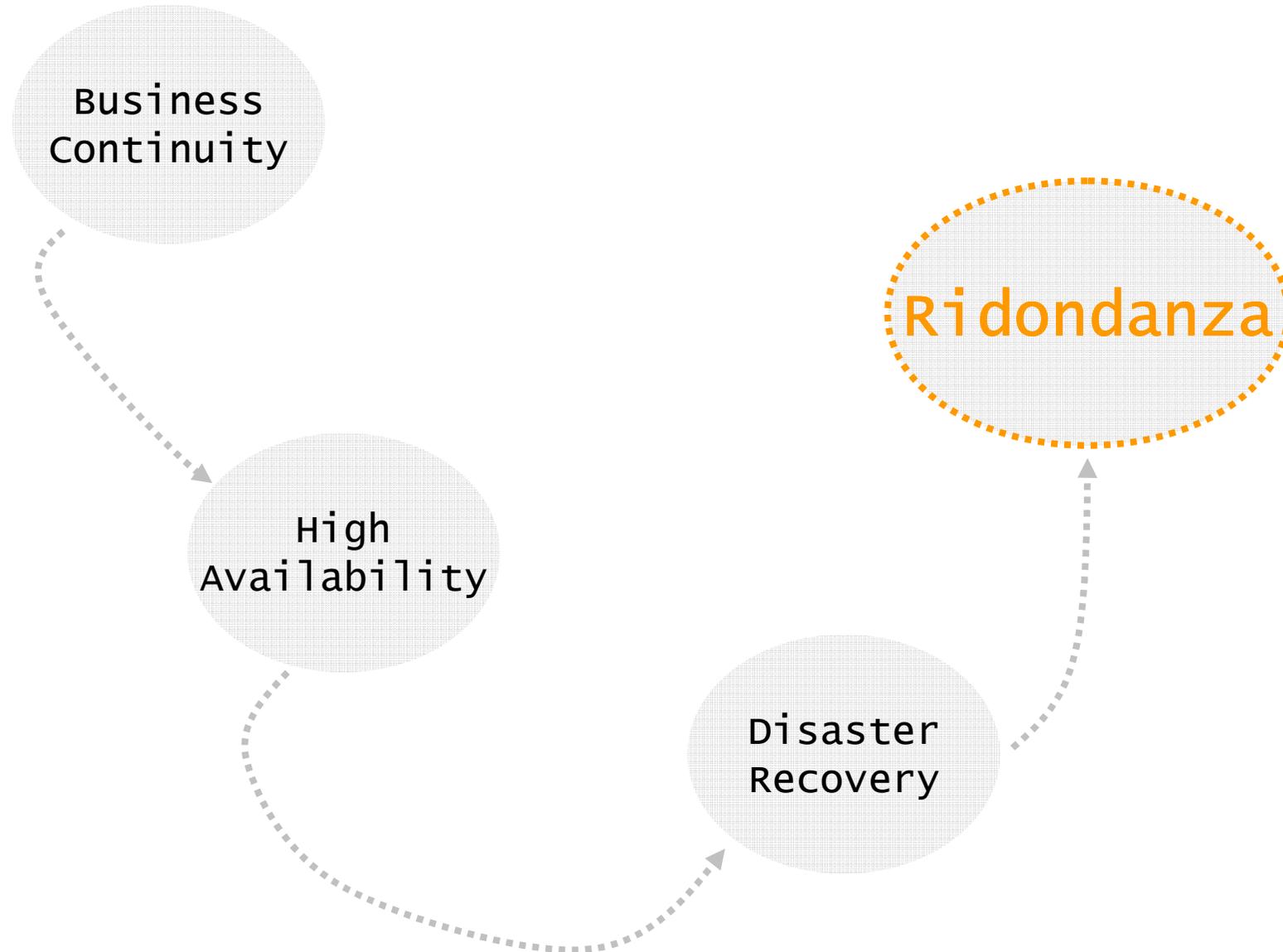
Roma, 6 Novembre 2009

Università La Sapienza

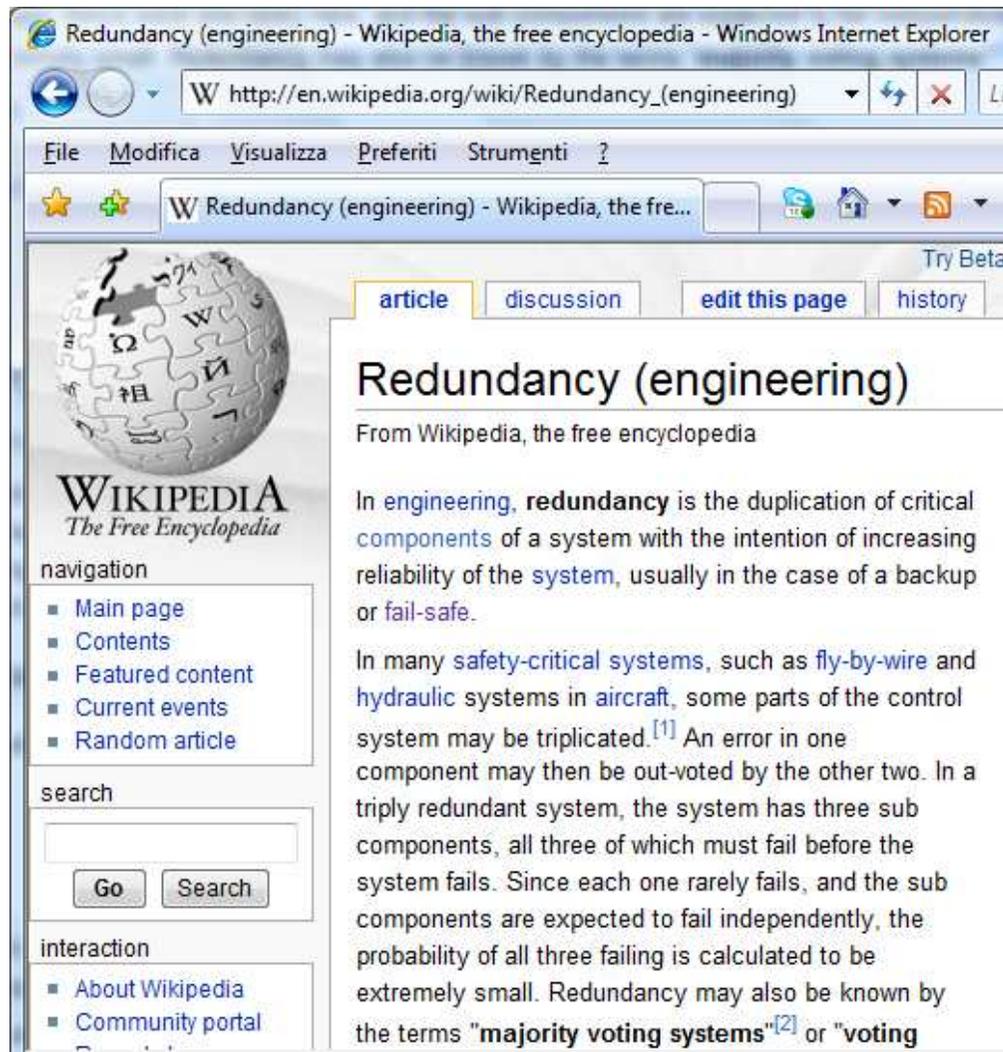
**AVVERTENZE:**

**i marchi, i prodotti, i siti Internet, i loghi e quant'altro è citato nel presente documento rimangono di proprietà dei rispettivi proprietari e/o aventi diritto.**

# Il processo implementativo della fault tolerance nelle organizzazioni



# Un significato di “ridondanza”



“ In engineering, **redundancy** is the duplication of critical components of a system with the intention of increasing reliability of the system, usually in the case of a backup or fail-safe ... ”

Wikipedia al 30/11/2009

wikipedia® is a registered trademark of the wikimedia Foundation, Inc., a non-profit organization.

Talvolta si utilizza il termine **disponibilità** per esprimere il concetto che un sistema è “resistente”: ossia, che è in grado di continuare ad operare pur in presenza di un crash in una delle proprie componenti.

Nei contesti in cui si utilizza il concetto di disponibilità, il termine **ridondanza** è invece utilizzato per esplicitare che si è in presenza di un sistema in cui la replica delle componenti è implementata per esigenze di performance (bilanciamento del carico di lavoro, ottimizzazione delle prestazioni, scalabilità, ...)

Nel nostro contesto i termini ridondanza e disponibilità sono considerabili come **sinonimi**: in quanto l'attenzione è focalizzata più sulle capacità che un sistema deve avere per resistere ad eventi avversi che sulla garanzia di non degradare le proprie prestazioni quando questi dovessero verificarsi.

# Perché oggi la “ridondanza” è una soluzione comunemente perseguita

Web Immagini Video Maps News Gruppi Gmail altro ▾

Google

ridondanza

Cerca

da: Italia ©2009 Google

ridondanza ciclica	9.810 risultati
ridondanza ciclico	12.000 risultati
ridondanza linguistica	22.400 risultati
ridondanza ciclo	24.800 risultati
ridondanza comunicazione	71.300 risultati
ridondanza informatica	46.700 risultati
ridondanza dei dati	119.000 risultati
ridondanza ciclica dvd	6.210 risultati
ridondanza ciclica wikipedia	822 risultati
ridondanza genica	11.800 risultati

Web

**Ridondanza** - W  
La **ridondanza** è l'e  
parole la cui omis  
it.wikipedia.org/wiki/

**Ridondan**  
Passa a Appl  
avere apparat  
it.wikipedia.or

Mostra altr

chiudi

“ L’esigenza di implementare soluzioni di fault tolerance nei sistemi complessi costituisce da sempre ambito di interesse della comunità scientifica e tecnologica.

Tra i diversi orientamenti seguiti negli ultimi decenni si è visto recentemente sviluppare, particolarmente nell’ambito dell’ICT, un prevalente interesse verso l’approccio per **ridondanza** ”

## Proposta di formalismi per la ridondanza: definizione di **Matrice di Ridondanza**

La *Matrice di Ridondanza* è una matrice quadrata di  $n$  righe e  $n$  colonne rappresentabile dalle notazioni seguenti:

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_{n \times n} = [ m_{ij} ] = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \cdots & m_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{con } n > 1$$

Dove gli elementi  $m_{ij}$  della matrice rappresentano i livelli di ridondanza reciproca esistenti in un sistema composto da  $n$  nodi interagenti tra loro. In particolare, ogni singolo  $m_{ij}$  assumerà i valori:

$$m_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{se } i=j \\ 0 & \text{se } i \neq j \text{ e se le funzionalità del nodo } i \text{ non sono replicate dal nodo } j \\ 1 & \text{altrimenti (ossia se } i \neq j \text{ e le funzionalità del nodo } i \text{ sono replicate dal nodo } j) \end{cases}$$

## Proposta di formalismi per la ridondanza: alcune considerazioni su tali matrici

La matrice può assumere solo i valori 0 ed 1, ossia  $m_{ij} \in [0,1]$  da cui deriva che  $M \in \mathcal{N}^{n \times n}$

$$\begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n2} & m_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Inoltre, se consideriamo gli elementi  $m_{ij}$  presenti in diagonale (ovvero quelli in cui  $i=j$ ) notiamo che sono tutti nulli, quindi:

**COROLLARIO** - la traccia della matrice di ridondanza, ossia la sommatoria di tutti gli elementi in diagonale costituenti la matrice quadrata  $M$ , sarà sempre pari a 0; ossia:

$$\text{tr}(M) = \sum_{i=1}^n m_{ii} = 0$$

**DEFINIZIONE** - Con  $S^i$  introduciamo una funzione che esprime la somma di tutti gli elementi della riga  $r^i$ , ossia:

$$S^i = S(r^i) = \sum_{j=1}^n m_{ij} = m_{i1} + m_{i2} + \dots + m_{in}$$

## Proposta di formalismi per la ridondanza: alcune considerazioni su tali matrici

### Matrice di Ridondanza

$$\begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

in cui gli  $m_{ij} \in [0,1]$

$$S^i = S(r^i) =$$

$$= \sum_{j=1}^n m_{ij} = m_{i1} + m_{i2} + \dots + m_{in}$$

è la somma della riga  $i$

**PROPOSIZIONE 1** – La sommatoria degli elementi di una qualunque riga di una matrice di ridondanza di  $n$  elementi è un numero intero compreso tra 0 e  $n-1$ :

$$0 \leq \sum_{j=1}^n m_{ij} \leq n-1$$

**PROPOSIZIONE 3** – Sia  $\{S^i\}$  un insieme di  $n$  elementi ognuno corrispondente alla funzione  $S^i$  di ogni singola riga di una matrice di ridondanza, la sommatoria di tutti i valori  $\{S^i\}$  è un numero intero compreso tra 0 e  $n(n-1)$

$$0 \leq \sum_{i,j=1}^n m_{ij} \leq n(n-1)$$

# Proposta di formalismi per la ridondanza: alcune considerazioni su tali matrici

## Matrice di Ridondanza

$$\begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

in cui gli  $m_{ij} \in [0,1]$

$$S^i = S(r^i) =$$

$$= \sum_{j=1}^n m_{ij} = m_{i1} + m_{i2} + \dots + m_{in}$$

è la somma della riga  $i$

**PROPOSIZIONE 4** – Il nodo  $i$ -simo di una matrice di ridondanza è completamente ridonato sugli altri nodi se  $S^i$  è pari ad  $n-1$

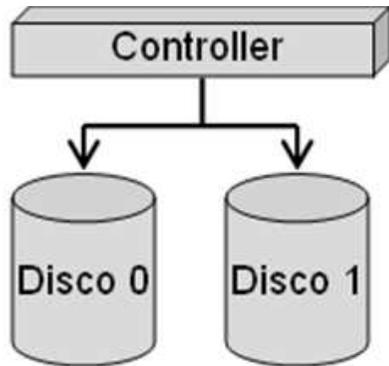
$$\sum_{j=1}^n m_{ij} = n-1$$

**PROPOSIZIONE 5** – Sia  $\{S^i\}$  un insieme di  $n$  elementi ognuno corrispondente alla funzione  $S^i$  di ogni singola riga di una matrice di ridondanza in cui tutti gli  $n$  nodi sono completamente ridonati, la sommatoria di tutti i valori  $\{S^i\}$  è un numero intero pari a  $n(n-1)$

$$\sum_{i,j=1}^n m_{ij} = n(n-1)$$

## Alcuni esempi

Un esempio in cui la completa ridondanza è presente: il RAID 1 (mirroring) tra due dischi.



	Disco 0	Disco 1
Disco 0	0	1
Disco 1	1	0

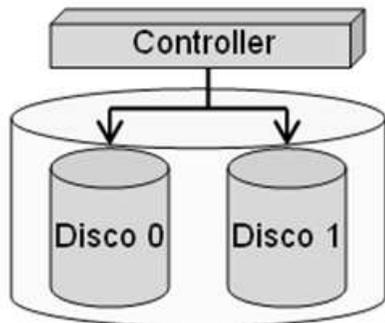
$$\mathbf{S}^1 = 0 + 1 = 1$$

$$\mathbf{S}^2 = 1 + 0 = 1$$

$$\{\mathbf{S}^i\} = \mathbf{S}^1 + \mathbf{S}^2 = 1 + 1 = 2$$

(infatti  $\mathbf{S}^1 = \mathbf{S}^2 = n - 1 = 2 - 1 = 1$ )

Un esempio in cui la completa ridondanza è assente: il RAID 0 (striping) tra due dischi.



2 dischi fisici = 1 disco logico

	Disco 0	Disco 1
Disco 0	0	0
Disco 1	0	0

$$\mathbf{S}^1 = 0 + 0 = 0$$

$$\mathbf{S}^2 = 0 + 0 = 0$$

$$\{\mathbf{S}^i\} = \mathbf{S}^1 + \mathbf{S}^2 = 0 + 0 = 0$$

Tra le diverse attività che entrano in gioco quando si vuole implementare la ridondanza in un sistema del mondo reale, è utile considerare:

- **l'identificazione del contesto**
- **la proliferazione**
- **la selezione degli elementi da ridondare**

**L'identificazione del contesto** rappresenta la corretta determinazione delle componenti di un progetto per le quali si desidera predisporre una configurazione ridondata.

Anche se in apparenza questo elemento sembrerebbe ovvio, in quanto implicito nella decisione stessa di costruire un sistema ridonato, la realtà dimostra frequentemente il contrario.

Ad esempio:



*Vogliamo un  
sistema che non  
si blocchi mai !*

- le attese dei committenti (= finanziatori) talvolta sono confuse e non coincidono con quelle del team di progetto

## Elementi importanti in un progetto di ridondanza: **identificazione del contesto**

*Abbiamo bisogno di un sistema che funzioni h24 !*

*Non vogliamo aumentare i costi del personale tecnico !*

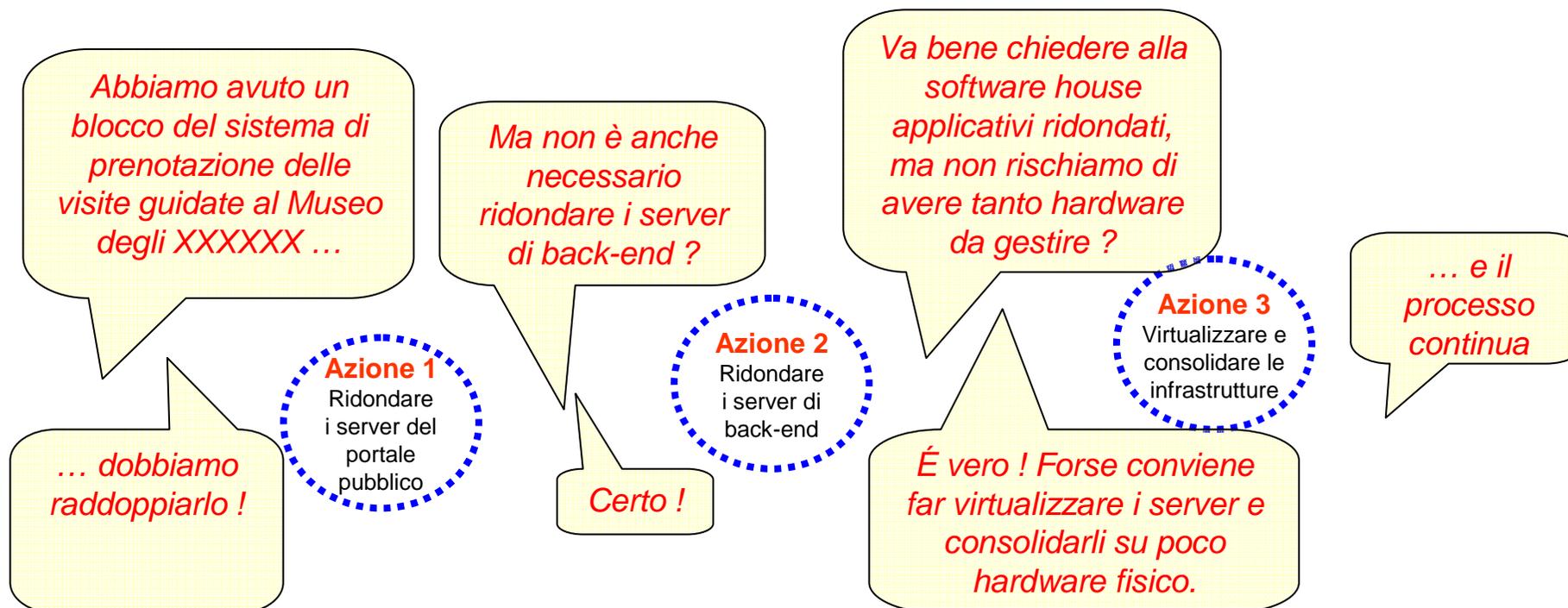
- l'organizzazione che richiede la ridondanza potrebbe non avere, o non voler mutare, la propria organizzazione operativa per trarre pieno beneficio dalla soluzione
- i diversi team tecnici-specialistici coinvolti potrebbero valutare difformemente degli elementi significativi o percepire diversamente, o non compiutamente, la stessa realtà

*Per l'alta disponibilità del sistema di vendita on-line dobbiamo duplicare il portale di front-end !*

*L'accesso ad Internet ad alta disponibilità richiede due accessi diversi alla Rete !*

## Elementi importanti in un progetto di ridondanza: proliferazione

La **proliferazione degli elementi ridondabili** è il processo mediante il quale, procedendo nelle attività di analisi ed approfondimento della realtà, il numero delle componenti da ridondare tende ad incrementarsi progressivamente.



## Elementi importanti in un progetto di ridondanza: **selezione elementi da ridondare**

La crescita del numero degli elementi potenzialmente ridondabili evidenzia l'opportunità di **selezionare gli elementi da ridondare** effettivamente; ciò è anche opportuno per evitare che:

- una crescita geometrica degli obiettivi di progetto lo faccia implodere
- gli investimenti aumentino vertiginosamente (rispetto agli obiettivi ottenibili)

## Elementi importanti in un progetto di ridondanza: **selezione elementi da ridondare**

Nella fase di selezione è opportuno coinvolgere i committenti del progetto di ridondanza; nel farlo occorrerà presentare gli elementi candidati alla ridondanza:

- utilizzando definizioni chiare e puntuali
- illustrando gli scenari reali in cui si opererebbe ed i vantaggi conseguiti
- adottando linguaggi e modalità comunicative direttamente comprensibili ai committenti
- accompagnandoli con una valutazione di massima dell'investimento da attuare

**Il partizionamento dei sistemi da ridondare** costituisce l'attività di scomposizione del sistema iniziale nelle sue componenti significative con l'obiettivo di segmentare il progetto in più elementi di trattarsi singolarmente.

L'esigenza di un tale processo di segmentazione discende dalla constatazione che i team coinvolti in un progetto assumono una progressiva consapevolezza su quanto oggetto dello studio durante le diverse fasi di lavoro.

L'obiettivo iniziale evolve gradualmente: la progressiva consapevolezza rende evidente che il problema iniziale, ossia la ridondanza di un sistema, si raggiunge solo tendendo alla ridondanza dei vari sottosistemi che lo compongono.

**SCENARIO:** l'Italia possiede una parte cospicua del patrimonio culturale dell'Umanità: scavi archeologici, edifici di interesse storico ed artistico, sculture, quadri, beni antiquari ... ma anche opere teatrali, musica classica e moderna, libri antichi e rari, fototeche, culture locali, eccellenze enogastronomiche... !

**CONSTATAZIONE:** da secoli l'Italia affascina e seduce visitatori d'ogni ceto e provenienza ... lo testimoniano i milioni di turisti che annualmente visitano il nostro paese e che fruiscono, di solito “in situ”, di questo patrimonio.

**IDEA:** perché non utilizzare le attuali possibilità offerte dal WEB 2.0 per rendere fruibile questo patrimonio con le possibilità offerte dal nuovo paradigma? non si veicolerebbe una maggiore conoscenza dell'Italia e della cultura che essa rappresenta (con ovvi ritorni economici e di immagine per il sistema paese)?

**PROGETTO:** costruire una base di conoscenza che contenga le versioni digitalizzabili del patrimonio culturale italiano, i riferimenti ad altri archivi elettronici settoriali, le informazioni di supporto per le diverse categorie di utilizzatori.

Questa base informativa potrebbe essere direttamente fruita da portali web o costituire il “leitmotiv” per servizi commerciali, di socialnetwork, ... ma anche come strumento di lavoro per le comunità professionali più varie (archeologi, ricercatori, restauratori, operatori del turismo e della conoscenza, ...).

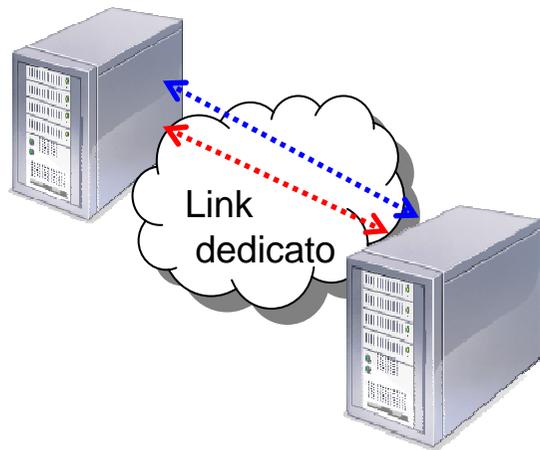
È naturale che un progetto di questa portata debba godere di una tecnologia ridondata che ne garantisca la continua fruibilità !

**REQUISITI:** principali requisiti di progetto scaturiti da una ipotetica attività di analisi che abbia coinvolto anche la committenza:

- back-end contenente la base informativa dei contenuti
- portale per l'erogazione web dei contenuti stessi
- servizi accessori per utenze registrate (newsletter, feed RSS, SMS, ...)
- supporti linguistici (contenuti in più lingue, community localizzate per lingue e argomenti, ...)
- funzionalità h24 per 365gg l'anno

## Soluzione identificata per la ridondanza del back-end:

utilizzo di un cluster di due server multiprocessor e multicore con uno strato applicativo basato su un DB relazionale geograficamente distribuito con doppio link (Internet, fibra ottica, ...) dedicato.



Già il solo sistema di back-end costituisce un esempio di più sottosistemi utili da affrontarsi (partizionamento) in modo separato: doppio server + doppia connettività.

Consideriamoli per semplicità un solo sistema e vediamo come il modello formale proposto esprime la ridondanza su 2 nodi:

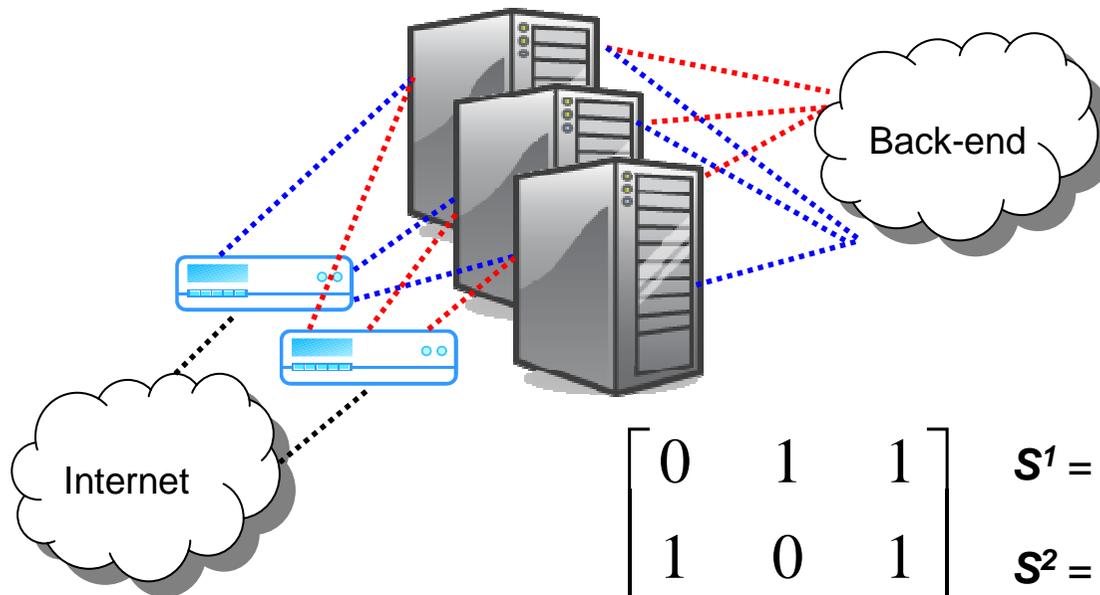
$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \mathbf{S}^1 = 0 + 1 = 1 \\ \mathbf{S}^2 = 1 + 0 = 1 \end{array} \quad \{\mathbf{S}^i\} = \mathbf{S}^1 + \mathbf{S}^2 = 1+1=2$$

(del resto,  $\mathbf{S}^1 = \mathbf{S}^2 = n - 1 = 2 - 1 = 1$ )

Ipotizziamo di affrontare un progetto reale che abbisogna della “ridondanza”

## Soluzione identificata per la ridondanza del front-end:

utilizzo di un insieme di più application server accessibili da Internet tramite un cluster di appliances che garantiscono anche il bilanciamento di carico; verso il back-end si utilizza un doppio link dedicato.



Anche nel sistema di front-end identifichiamo più sottosistemi, ognuno da affrontarsi sempre (partizionamento) in modo separato: networking doppio + application server triplo.

Per brevità formalizziamo solo i 3 application server:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$S^1 = 0 + 1 + 1 = 2$$

$$S^2 = 1 + 0 + 1 = 2 \quad \{S^i\} = S^1 + S^2 + S^3 = 2 + 2 + 2 = 6$$

$$S^3 = 1 + 1 + 0 = 2$$

(infatti,  $S^1 = S^2 = S^3 = n - 1 = 3 - 1 = 2$ )

Ipotizziamo di affrontare un progetto reale che abbisogna della “ridondanza”

**Soluzione identificata per la ridondanza della connettività verso Internet:** per l’accesso ridondato ad Internet si possono configurare i link doppi prima descritti attestandoli su provider di accesso differenti.

Le appliances e le componenti software possono essere organizzate al fine di mascherare gli IP pubblici forniti dai carrier di telecomunicazione con degli indirizzi autonomamente gestiti.

Per la formalizzazione su 2 nodi riferirsi alle slides precedenti.

### Addendum:

per sintesi non si sono affrontate alcune tematiche essenziali per una gestione ridondata completa:

- energia: UPS, gruppi elettrogeni, fornitori plurimi
- SMS: interazione con gli operatori telefonici
- ...

È però utile una considerazione aggiuntiva che evidenzia come uno stesso progetto, se affrontato in una logica di ridondanza, possa condurre con “minimi cambi di visione” a risultati sostanzialmente diversi.

La soluzione prima esposta, se venisse riformulata secondo una logica di ripartizione delle diverse componenti su più siti completamente indipendenti e geograficamente distribuiti (es. acquistando “spazi” in più datacenter), fornirebbe un vantaggio aggiuntivo: una soluzione di **disaster recovery** che incrementerebbe ancora la possibilità di rendere fruibile online il patrimonio culturale italiano.



**quesiti**