

PROVE DI VALIDAZIONE DELLA CPU  
IBM 3081K

R. Bandinelli, E. Bracci, F. Carrefas,  
G. Cresci D. Lafrenza, R. Medves,  
S. Trumpy

Rapporto interno C04-9

CNUCE Marzo 1984

Gruppo architetture

CCCCCC	NN	NN	UU	UU	CCCCCC	EEEEEE		
CCCCCCCC	NNN	NN	UU	UU	CCCCCCCC	EEEEEE		
CC	CC	NNNN	NN	UU	UU	CC	CC	EE
CC	NN	NN	NN	UU	UU	CC	EEEE	
CC	NN	NNNN	UU	UU	CC	EEEE		
CC	CC	NN	NNN	UU	UU	CC	CC	EE
CCCCCCCC	NN	NN	UUUUUU	CCCCCCCC	EEEEEE			
CCCCCC	NN	NN	UUUUU	CCCCCC	EEEEEE			

CNR - Istituto CNUCE  
via S. Maria 36  
56100 Pisa  
Tel. +39 50 593111  
Telex 500371 CNUCE



## 1. Introduzione

Nel seguito vengono descritte le attività svolte dal CNUCE nel corso del primo trimestre 84 per eseguire le prove di accettazione dell'unità di elaborazione IBM 3081K.

Il presente documento rappresenta la continuazione naturale del lavoro descritto in "CRITERI DI VALUTAZIONE ADOTTATI PER UN CONFRONTO TRA CPU IBM E IBM COMPATIBILI" già presentato alla Commissione Generale per l'Informatica.

Prima di descrivere in dettaglio le attività collegate alle prove di accettazione, desideriamo richiamare brevemente alcune considerazioni già esposte nella relazione citata (CAP. 6: Misure proposte per la fase di test) che fissano i criteri generali a cui è legato tutto il lavoro descritto nel seguito.

Le particolari verifiche da effettuare imposero l'adozione di una metodologia di benchmark piuttosto che affidarsi a prove più semplici da realizzare ma meno significative (kernel strutturali). L'indeterminazione connessa alla previsione di sviluppo su un'arco di tempo tanto esteso (5 anni) e la necessità di considerare principalmente la unità centrale (CPU e memoria) indipendentemente dalla configurazione di I/O consigliarono di non cercare livelli di approssimazione molto spinti sia nel modello di carico che nella riproduzione della configurazione reale poiché per i motivi accennati, la maggior precisione dei risultati sarebbe stata del tutto illusoria.

La relazione citata si concludeva con uno schematico elenco delle fasi operative secondo cui dovevano essere schedate le attività che brevemente riassumiamo e che saranno dettagliate nei capitoli successivi.

- Realizzazione di simulatori parametrici del carico attuale (interattivo e batch) e loro calibrazione sulle macchine oggi installate al CNUCE (IBM 3033N e IBM 370/168).

I simulatori si basano sui dati relativi alla caratterizzazione dei carichi batch e interattivo e sono modificabili in modo parametrico per adattarli in maniera semplice e rapida alle diverse prove da effettuare (carico attuale, carico previsto a 5 anni, etc.).

La relazione citata prospettava la possibilità di eseguire due diverse serie di test: una volta a misurare le prestazioni della macchina in 2 diverse condizioni (diurna con prevalente carico interattivo; notturna con prevalenza di carico batch), l'altra orientata all'esame della situazione di carico globale massimo. Considerate le distribuzioni dei carichi batch e interattivo nell'arco delle 24 ore si osserva che la punta più elevata si

registra in corrispondenza del massimo del carico interattivo (intervallo 15-17); in questa condizione il consumo di CPU del batch e' inferiore al massimo che raggiunge in orario notturno quando pero' l'interattivo e' ridotto al minimo.

Poiche' il carico dell'intervallo orario 15-17 e' notevolmente superiore ai livelli raggiunti in orario notturno, si e' optato per la misura delle prestazioni nella sola "condizione diurna".

- Esecuzione di prove tendenti a dimostrare la capacita' dell'elaboratore da acquisire di smaltire il carico previsto a fine quinquennio.

Per valutare questa capacita' riteniamo dover misurare sostanzialmente due grandezze:

- il throughput (che si puo' definire come il numero di lavori eseguiti in un tempo fisso)
- il tempo di risposta, che, per quanto riguarda il batch, puo' essere considerato l'intervallo di tempo che intercorre fra l'immissione di un lavoro e la sua conclusione, mentre in interattivo e' l'intervallo di tempo necessario al sistema per fornire la risposta ad un comando.

La nuova unita' centrale, per soddisfare alle richieste, deve fornire un throughput pari alla somma del throughput attuale dell'interattivo moltiplicato per il fattore di crescita previsto per questo carico nel quinquennio e del throughput attuale del batch anch'esso moltiplicato per il relativo fattore di crescita. Tale livello di throughput deve inoltre essere raggiunto con tempi di risposta accettabili cioe' inferiori e uguali a quelli misurati attualmente nella realta' del CNUCE. Poiche' i tempi di risposta attuali sono ritenuti ampiamente soddisfacenti sono ammissibili anche tempi di risposta leggermente superiori a quelli attuali soprattutto per i processi batch.

Le prove eseguite sull'unita' centrale IBM 3081K si propongono di effettuare le verifiche prima descritte e, compatibilmente alla possibilita' di poter operare una soddisfacente azione di tuning del sistema a disposizione, anche di cercare i limiti di capacita' della macchina oltre i quali le prestazioni scadono a livelli inaccettabili (prove di stress).

## 2. Creazione e messa a punto dei simulatori

### 2.1) Simulatore del carico interattivo

Nella precedente relazione si e' accennato alla opportunita' di non utilizzare un pilota esterno all'elaboratore in prova ma di ritenere sufficiente per i nostri obiettivi i livelli di precisione forniti da un pilota interno. Tale pilota e' realizzato con una macchina virtuale che esegue una procedura automatica di attivazione di tutte le macchine virtuali che realizzano il simulatore. Ciascuna di queste macchine virtuali esegue un lavoro ciclico che simula sedute interattive lanciando comandi, compilazioni di programmi e esecuzioni tutti separati da tempi morti (thinktime) che simulano i tempi di reazione dell'utente di fronte al terminale. I lavori eseguiti dalle macchine virtuali del simulatore sono di diversi tipi e sono stati realizzati tenendo presente una classificazione del carico interattivo realizzata gia' da tempo (si veda la relazione "STUDIO E REALIZZAZIONE DI UN MODELLO DI SIMULAZIONE PER LA RETE RPCNET") e successivamente aggiornata e verificata nel corso del 1983. Tale classificazione prevede di selezionare gli utenti interattivi a seconda del tipo di linguaggio prevalentemente usato nelle proprie elaborazioni e di valutare poi le caratteristiche dell'utente medio di ogni classe: e' a queste caratteristiche che si e' fatto riferimento per realizzare le procedure cicliche utilizzate nel simulatore interattivo.

Le classi in cui sono stati suddivisi tutti gli utenti sono le seguenti:

FORTRAN	che contiene tutti gli utenti che usano in prevalenza il linguaggio FORTRAN,
COBOL	che contiene tutti gli utenti che usano in prevalenza il linguaggio COBOL,
ASSEMBLE	che contiene tutti gli utenti che usano in prevalenza il linguaggio ASSEMBLER,
PL1	che contiene tutti gli utenti che usano in prevalenza il linguaggio PL1,
APL	che contiene tutti gli utenti che usano in prevalenza il linguaggio APL,
TP	dove sono state raccolte tutte le macchine

virtuali dedicate a gestione di linee teleprocessing,

- BATCH** che raccoglie tutte le macchine virtuali che operano con sistema operativo di tipo batch,
- TEXT** in cui sono state incluse le macchine virtuali dedicate prevalentemente a editing e trattamento di testi,
- ALTRE** comprende tutte le macchine virtuali per le quali non e' stato possibile trovare collocazione in nessuna delle classi precedenti. Si tratta di macchine usate per scopi svariati e non precisabili in maniera semplice; racchiude tra l'altro le macchine virtuali destinate alla manutenzione dei sistemi di calcolo.

L'utilizzo delle risorse da parte di tutti utenti e' stato rilevato tramite il MONITOR VM; questi dati sono poi stati ridotti con i packages VMAP e VM PREDICTOR che forniscono, tra l'altro, le principali caratteristiche di ogni classe di utenti (profilo medio). Per il presente lavoro abbiamo fatto riferimento a tali profili considerando classe per classe:

- il numero di utenti mediamente attivo;
- l'impegno % di CPU;
- il thinktime medio;
- il numero di operazioni di I/O eseguite nell'unita' di tempo.

Ogni classe e' stata pertanto riprodotta da un numero di macchine virtuali proporzionale alla consistenza numerica della classe ciascuna delle quali esegue lo stesso lavoro ciclico. Questo lavoro ha caratteristiche medie (utilizzo di CPU, working set, thinktime, etc.) conformi al profilo medio della classe come viene descritto dal VM PREDICTOR. Nel nostro caso sono state eseguite diverse rilevazioni di MONITOR VM, tutte estese all'arco orario 15-17 in giorni e settimane diverse; tra tutte e' stata scelta (ma le differenze tra le varie rilevazioni sono minime) quella del giorno 11.10.83. I dati di MONITOR elaborati col VM PREDICTOR hanno fornito per le classi d'utente precedentemente elencate i profili riassunti in Figura 1.

	F	A	P	T	A	C	A	B	T
	O	S	L	E	P	O	L	A	P
	R	S	1	X	L	B	T	T	
	T	E		T		O	R	C	
	R	M				L	I	H	
	A	B							
	N	L							
		E							
N. Utenti	30	11	8	6	1	1	16	5	2
Attivi									
CPU%	43	4.5	4	2	.7	.2	5	17	5
Working Set (Kbytes)	80	38	40	14	6	20	38	50	25
Thinktime (sec)	7	8	7	6	10	12	9	3	.5
I/O/sec *	75	350	300	500	150	400	300	400	500

\* Numero operazioni di I/O per secondo di CPU consumato in stato problema

Fig. 1: Profilo delle classi degli utenti interattivi

Dalla tabella di Fig. 1 si osserva che:

- le classi TEXT, APL, COBOL e TP che rappresentano numericamente circa il 10% degli utenti assorbono percentuali di risorse molto limitate (complessivamente meno dell'8% di CPU) e sono state trascurate nella realizzazione del simulatore.
- le classi ASSEMBLE PL1 e ALTRE hanno invece profili medi molto simili come confermano numerosi altri parametri che il VM PREDICTOR fornisce (e che, per brevit , non sono riportati in fig. 1) quali il rapporto tra numero di comandi banali e non, il rapporto tra CPU consumata in stato di problema e CPU consumata in stato di supervisore etc.

Queste ultime classi sono state conglobate insieme e sono indicate nel seguito col nome ALTRE per cui la classificazione utilizzata dal simulatore prevede:

- classe FORTRAN: simulata da una procedura ciclica comprendente EDITING, comandi CMS e una esecuzione di un programma FORTRAN che lavora (con scome, prodotti, radici quadrate) sugli elementi di una matrice.
- Classe BATCH: simulata da una procedura ciclica che alterna compilazioni ed esecuzioni di un programma FORTRAN ad alto utilizzo di CPU.
- Classe ALTRE: simulata da una procedura ciclica che esegue fondamentalmente comandi CMS, sedute di editore e compilazioni e esecuzioni di un breve programma assembler.

Ciascuna delle tre procedure citate e' realizzata in modo parametrico per facilitare la calibrazione delle stesse che, in situazione definitiva devono presentare caratteristiche simili al profilo medio delle classi d'utente che rappresentano. In ogni procedura esistono pertanto parametri che consentono di dosare la quantita' di CPU consumata, la quantita' di memoria virtuale utilizzata, le operazioni di I/O eseguite. La calibrazione delle procedure e' stata eseguita sull'elaboratore di Pisa durante il normale servizio avendo cura di scegliere intervalli orari che presentassero impegno di macchina simile a quello misurato nel periodo considerato quale campione (ore 15-17 del 11.10.83), questo perche' alcuni parametri quali il tempo di CPU consumato dipendono dal carico globale del sistema.

Sempre facendo riferimento ai dati forniti dal VM PREDICTOR si e' calcolato il numero di macchine virtuali da includere in ogni classe; ricordiamo ancora che ciascuna macchina virtuale di una classe esegue sempre la procedura ciclica che riproduce il profilo medio della classe.



	FORTRAN	BATCH	ALTRE
N. Utenti	26	5	30
CPU %	43	17	9
Working Set (Kbytes)	85	57	28
I/O /sec*	68	380	210
Thinktime (sec.)	7	3	8

\* Numero di operazioni I/O per secondo di CPU consumato in stato di problema

Fig. 2: Profilo delle classi utilizzate nel simulatore

La figura 2 riassume le caratteristiche piu' importanti delle tre classi di utenti che realizzano il simulatore interattivo cosi' come si presentavano dopo aver provveduto alla calibrazione delle classi; si osservi che c'e' sempre una buona corrispondenza coi parametri analoghi relativi al carico reale (riassunti in figura 1). Il parametro che meno si avvicina ai valori misurati nella realta' e' quello indicativo delle attivita' di I/O sulla cui calibrazione si e' investito meno tempo essendo il numero di I/O eseguito solo parzialmente significativo nel benchmark in oggetto. Infatti nostro obiettivo e' la valutazione dell'unita' centrale (CPU + memoria) indipendentemente dalla configurazione di I/O che esula dallo studio presente anche se influenza le prestazioni. Abbiamo pertanto ritenuto di non dover essere vincolati alla riproduzione di un traffico di I/O sui dischi quantitativamente molto vicino a quello misurato nella realta' ed ugualmente distribuito su dispositivi, unita' di controllo e canali, ma abbiamo ritenuto sufficiente riprodurre un carico di I/O realistico (che prevede cioe' accesso ai dischi e trasferimento di informazioni in memoria) distribuito sui dispositivi nella maniera per noi piu' conveniente.

In effetti il carico di I/O interessa in questo studio in quanto richiama in esecuzione particolari funzioni del sistema operativo (routines di gestione dello I/O, schedulatore, etc.) e impone precise tempificazioni

all'esecuzione delle attività di utente; non ci interessa invece valutare l'impatto sulle prestazioni del sistema del numero di operazioni di I/O e della loro distribuzione sui vari dispositivi. Poiché è nostro interesse valutare solo il sistema centrale, dobbiamo quindi studiare una distribuzione del carico di I/O tale che esso non diventi mai un vincolo alle prestazioni del sistema (un collo di bottiglia). Con queste intenzioni e considerando che, sulla macchina in esame, avremo dovuto scorporare un carico di I/O dell'ordine di 600-700 operazioni al secondo, abbiamo cercato di snellire, ove era possibile, queste operazioni anche al fine di poter ridurre il numero di dischi, unità di controllo e canali da utilizzare nel benchmark. Prima di operare semplificazioni in questo campo giova considerare che le operazioni di I/O sono generate:

- a) da routines del sistema operativo per eseguire servizi "trasparenti" ai programmi d'utente (attività di paginazione, di spool, etc.)
- b) dai programmi d'utente per referenziare dati memorizzati sui dischi.

È evidente che non è pensabile di ridurre forzamente attività come paginazione o altro I/O di sistema senza alterare pesantemente i risultati del lavoro per cui si è influito soltanto organizzando in modo opportuno le richieste di I/O avanzate dai programmi di utente.

Per semplificare l'I/O di utente abbiamo operato in due direzioni:

- le procedure che realizzano il simulatore accedono ai dischi d'utente in sola lettura. Questo consente di condividere lo stesso spazio disco tra più utenti limitando in numero ed estensione la necessità di spazio.
- le aree disco di utente hanno dimensioni contenute ad 1 cyl. e sono allocate in modo che vi sia sempre una sola area utente su ogni dispositivo. Questo riduce i tempi di esecuzione dell'operazione di I/O eliminando il posizionamento meccanico della testina di lettura/scrittura (SEEK) e ci permette di eseguire un maggior numero di operazioni di I/O su ogni disco riducendo pertanto il numero di dischi necessari.

Il simulatore interattivo realizzato in questo modo è

stato calibrato per far si che:

- a) ogni classe simulata assumesse caratteristiche (profilo medio) quanto piu' possibile simili a quelle misurate nella realta' per la classe corrispondente,
- b) le risorse di sistema assorbite dal simulatore fossero quanto piu' possibile simili a quelle misurate durante l'attivita' di servizio (assumendo come campione l'intervallo 15-17 del 11.10.83).

Una volta realizzate e calibrate le 3 procedure cicliche che realizzano i profili medi delle tre classi d'utente considerate abbiamo iniziato la seconda fase di calibrazione volta a verificare che il simulatore interattivo (cosi' come era stato pensato e realizzato), eseguito sulla macchina del CNUCE in assenza di altri utenti, fosse in grado di caricare la macchina in modo quanto piu' possibile vicino a quanto misurato durante la realta' di servizio.

Per procedere a questa seconda calibrazione sono state eseguite alcune sedute di prove a macchina dedicata (prevalentemente durante gli week-end) inserendo nel simulatore stesso una quarta classe di macchine virtuali che non eseguono programmi ma soltanto vengono attivate e disattivate con cadenze prefissate. Lo scopo di questa operazione e' duplice:

- portare il numero di utenti contemporaneamente collegati a valori prossimi a quelli misurati essendo il numero di macchine virtuali delle precedenti tre classi notevolmente inferiore a tale valore.
- portare il numero di processi di attivazione/disattivazione di macchina virtuale (LOGON/LOGOFF) a valori prossimi a quelli misurati nella realta'. Infatti le macchine virtuali delle prime 3 classi vengono attivate all'inizio delle prove e non vengono piu' disattivate il che falsa la situazione reale che vede utenti che si attivano, eseguono e si disattivano in continuazione.

La seconda fase di calibrazione ha richiesto un notevole numero di prove poiche' la messa a punto dei parametri globali di sistema (in particolare l'attivita' di paginazione) ha spesso portato fuori calibrazione una o piu' classi di macchine virtuali (non erano piu' conformi al profilo medio della classe) per cui si e' effettuato un processo iterativo di tarature globali del sistema e

parziali delle singole classi ripetute fino a raggiungere un risultato soddisfacente sia in termini di calibrazione delle singole classi che in termini di utilizzo di risorse globali di sistema. La Figura 3 raffronta alcuni parametri globali di sistema misurati nella realtà di servizio (CARICO REALE) e durante la corsa del simulatore (CARICO SIMULATO): si nota che non si manifestano differenze sensibili.

PARAMETRO	CARICO REALE	CARICO SIMULATO
USERS	130	115
CPU %	73	76
SUPV %	30	34
PROB %	43	42
PAGE	82	93
IOSEC	247	150
Q1/Q2	.89	1.0

dove

USERS : numero di utenti collegati,  
 CPU% : percentuale di CPU mediamente usata,  
 SUPV% : percentuale di CPU mediamente usata in stato supervisore,  
 PROB% : percentuale di CPU mediamente usata in stato problema,  
 PAGE : numero di pagine trasferite per secondo (paging rate),  
 IOSEC : numero di operazioni di I/O eseguite in un secondo,  
 Q1/Q2 : rapporto tra numero di utenti interattivi e non.

Fig. 3: Utilizzo di risorse in situazione reale e simulata

Ottenuta una buona corrispondenza tra valori misurati in situazione reale e in situazione simulata, il simulatore interattivo era pronto ad essere impiegato nella valutazione della nuova unità centrale. Una particolarità rilevante di tutte le procedure cicliche utilizzate è la presenza di un programma che provvede a registrare:

- numero di cicli eseguiti,
- CPU consumata in stato problema,
- CPU consumata in stato supervisore,
- durata della prova.

Questi semplici dati vengono utilizzati per dare una valutazione del throughput in ambiente VM; essi sono raccolti alla fine di ogni prova ed elaborati successivamente.

## 2.2) Simulatore del carico batch

Seguendo lo schema delineato nella precedente relazione, la realizzazione del simulatore passa attraverso due fasi:

- rilevazione di dati statistici che consentano di poter dare una descrizione completa del carico Batch (Job profile)
- realizzazione di un Job avente le caratteristiche del Job profile replicato tante volte quanto serve a portare l'elaboratore alle condizioni di carico misurate in servizio.

Per arrivare ad una descrizione del Job profile sono stati usati essenzialmente i dati di SMF (System Measurement Facility) che sono generati in modo standard dall'MVS. Questi dati riportano informazioni su tutti i lavori di utente sottomessi e sulle performances del sistema. In particolare, questi ultimi dati sono raccolti da un altro componente del sistema operativo, il RMF (Resource Measurement Facility) che esegue rilevazioni sull'attività delle diverse componenti a cicli regolari (tipicamente ogni secondo) e scrive, ad intervalli prefissati, (tipicamente ogni 30 minuti), i dati riassuntivi dell'intervallo sulle SMF.

Questi dati sono stati elaborati da alcuni programmi scritti localmente, e da altri programmi disponibili al CNUCE, in particolare il PLAN IV e SAS (Cfr. Nota interna C83-25).

I dati esaminati sono relativi al quadrimestre Settembre-Dicembre 1983; il periodo scelto e' ritenuto sufficientemente ampio da poter essere ragionevolmente considerato come un campione significativo del carico reale batch. Poiche' l'obiettivo e' focalizzato ad esaminare il carico nel periodo di punta del VM, l'esame si e' limitato all'intervallo orario 15-17, scartando i soli giorni in cui si e' verificato un carico anomalo (Festivita', cadute del sistema nell'intervallo interessato, ecc.).

Dall'analisi dei dati, relativamente al periodo sopra descritto, sono state cosi' ricavate le caratteristiche di alcuni parametri necessari per arrivare ad una soddisfacente descrizione del job profile:

- Utilizzo della risorsa CPU

Nelle due ore dell'intervallo prescelto si e' avuto un utilizzo medio del 50% della CPU. Questo dato sottolinea che, a differenza del conversazionale, in questa fascia oraria l'utilizzo di CPU da parte del batch non raggiunge i livelli di picco che si hanno invece dopo le ore 20 allorché vengono attivate le classi abilitate a far eseguire i job che godono di tariffazione ridotta.

#### - Utilizzo della risorsa Memoria

I dati relativi all'utilizzo della memoria nell'intervallo 15-17 evidenziano un "paging rate" di circa 4 pagine/sec; questo dato conferma che la risorsa memoria disponibile (4MB), e di riflesso anche la paginazione, non raggiungono livelli critici e che quindi la risorsa su cui va focalizzata l'attenzione e' senz'altro la CPU. Tuttavia nella costruzione del Job tipo e' stato parametrizzato, per completezza, anche l'uso della memoria e della paginazione.

#### - Throughput

Mediamente sono stati eseguiti nell'intervallo prescelto 80 Job, con un consumo di CPU per ciascuno di 45 secondi ed un livello medio di multiprogrammazione uguale a 4. Si riscontra che, sia il numero di job eseguiti che il livello di multiprogrammazione assumono valori superiori alla media giornaliera, in particolare rispetto alle ore serali, nelle quali peraltro, essendo il consumo medio di CPU maggiore, si rileva un throughput minore.

#### - Tempo di risposta

Per quanto riguarda il batch, abbiamo considerato come tempo di risposta l'intervallo che intercorre fra la lettura di un Job ed il termine dell'esecuzione (Elapsed time). Nel nostro ambiente tuttavia i dati disponibili con il PLAN IV non sono del tutto attendibili a causa della presenza di Job che, caricati nell'arco della giornata, sono tenuti artificialmente in attesa di esecuzione anche con macchina scarica, in quanto appartenenti a classi abilitate ad essere attivate solo nelle ore serali e notturne. Ne consegue che l'elapsed time medio risulta maggiore di quello reale. Pertanto sono stati realizzati programmi ad hoc che leggendo i record SMF, relativamente all'intervallo di tempo sotto osservazione, hanno considerato i soli job non appartenenti alle classi anomale. Il risultato e' che l'Elapsed time medio e' di

circa 6 minuti.

- Numero di operazioni di I/O

Ogni Job compie in media 2500 operazioni di I/O sui dischi con una lunghezza del blocco medio trasferito pari a 3600 bytes.

Quest'ultimo dato non e' direttamente disponibile ed e' stato calcolato esaminando i data sets residenti sui dischi riservati agli utenti e prelevando dai dati SMF il numero di operazioni di I/O effettuate sui singoli data set nell'intero periodo.

- Caratteristiche dell'ambiente

E' stata questa la fase piu' delicata nel costruire il simulatore in quanto i dati non sono direttamente forniti dal sistema. D'altra parte, per realizzare un Job rappresentativo del carico, e' necessario riprodurre il piu' fedelmente possibile lo stesso mix di istruzioni che realmente la macchina esegue. E' infatti noto dai principi della fisica del software (si veda a proposito la nota interna CNUCE del 1982 "Rapporto di potenza tra le CPU collegate in rete RPCNET") che per una stessa CPU i valori di potenza variano a seconda del tipo di istruzioni eseguite.

Per prima cosa e' stata fatta una suddivisione dei lavori sottomessi al sistema in classi omogenee; sono state identificate 5 classi:

- a) Applicazioni commerciali che eseguono soprattutto istruzioni di tipo "packed e decimal arithmetic". Queste applicazioni usano in prevalenza il linguaggio COBOL.
- b) Applicazioni scientifiche che eseguono soprattutto istruzioni di tipo floating point. Queste applicazioni usano in prevalenza il linguaggio FORTRAN.
- c) Applicazioni generali che eseguono soprattutto istruzioni di tipo "move e compare". Queste applicazioni usano in prevalenza il SORT.
- d) Applicazioni orientate alla manutenzione del sistema sviluppate in prevalenza all'interno del CNUCE che utilizzano soprattutto il PL/1 e l'ASSEMBLER. Per queste applicazioni, e' stato stimato che il mix di



istruzioni usato sia prevalentemente di tipo scientifico e di tipo "move e compare".

- e) Applicazioni miste, non appartenenti alle classi precedenti, incluse in una classe unica, con l'ipotesi che il mix di istruzioni eseguite sia equiripartito.

Poiche' gli unici dati prelevabili dalle SMF sono la frequenza con cui i diversi compilatori sono usati e la CPU consumata dai relativi programmi, non e' possibile conoscere ne' la frequenza con cui i programmi appartenenti alle varie classi vengono eseguiti ne' la ripartizione della CPU fra le varie classi non essendo possibile attribuire a nessuna classe tutti i programmi gia' in forma eseguibile.

E' stata pertanto fatta una analisi dei dati SMF del periodo settembre-dicembre 1983 estesa all'intero arco orario giornaliero. Con l'ausilio del programma PLAN IV, i Job sono stati mensilmente classificati in base al consumo di CPU ed in base alla frequenza di esecuzione. Si sono cosi' ottenute due "graduatorie" che hanno permesso di identificare rispettivamente sia i job "critici" per la risorsa CPU e quelli che potrebbero definirsi, seppure nella peculiarita' dell'ambiente, come "job di produzione" in quanto sottomessi con notevole regolarita'; la assegnazione dei job piu' significativi alle varie classi e' stata resa possibile con l'ausilio di informazioni richieste all'utenza.

Con questa analisi sono stati ripartiti nelle singole classi un insieme di lavori che rappresentano, con ragionevole precisione, circa il 70% del totale della CPU usata; per quanto riguarda il residuo 30%, rappresentante l'insieme dei job meno significativi (sia per frequenza di esecuzione che per il basso utilizzo di CPU), e' stata fatta l'approssimazione di estendere la percentuale di utilizzo dei singoli compilatori ricavata dal PLAN IV, a percentuale di utilizzo di CPU. In definitiva si sono avuti i seguenti risultati:

TIPO DI APPLICAZIONE	% DI UTILIZZO RELATIVO DI CPU	MIX DI ISTRUZIONI		
		SCIENT.	COMMERC.	EL.STRINGHE
FORTRAN	65%	100%	0	0
PL1-ASSEMBLE	15%	45%	10%	45%
SORT	10%	0	0	100%
COBOL	5%	0	100%	0
ALTRI	5%	33%	33%	33%

Fig. 4

Sulla base delle informazioni ricavate nella fase di analisi del carico MVS e' stato creato un programma parametrico in grado di simulare un job avente le caratteristiche precedentemente fissate tramite l'opportuno aggiustamento dei parametri.

Il programma e' costruito utilizzando, per quanto riguarda il consumo di CPU, tre kernel dell'Institute for Software Engineering che possono essere percorsi il numero di volte specificato dal parametro associato. I kernel (denominati S001, C001 e C005) riproducono rispettivamente caratteristiche di mix di istruzioni di tipo scientifico, commerciale e di manipolazione di stringhe. Altri due loop interni governati da appositi parametri riguardano la paginazione e l'uso di I/O. Il valore dei parametri e' letto da un file che indica anche il numero di volte che l'intero programma deve essere eseguito.

La Fig. 5 mostra la distribuzione dei diversi mix di istruzioni eseguite dal Job campione, le percentuali risultanti sono funzione dell'utilizzo di CPU delle 5 classi in cui e' stato suddiviso il carico batch reale e dalla attribuzione percentuale dei diversi mix di istruzioni a ciascuna classe come risulta dalla Fig. 4:

TIPO KERNEL	% PARZIALI DI OGNI SINGOLA CLASSE						% RISULTANTE
	FORTRAN	PL1+ASSEMBLE	SORT	COBOL	ALTRI		
S001	65%	7.0%	0	0	1.5%		73.5%
C001	0	1.5%	0	5%	1.5%		8.0%
C005	0	7.0%	10%	0	1.5%		18.5%

Fig. 5

L'esecuzione dei vari kernel e' alternata da istruzioni di I/O che per semplicita' (si riduce il tempo di SEEK e si evitano accodamenti a livello di device o di canale) sono operazioni di lettura e di riscrittura eseguite su un medesimo blocco.

La fase di calibrazione del Job campione e' stata effettuata in due tempi; per prima cosa si sono variati i parametri del singolo Job fino a raggiungere con ragionevole approssimazione la corrispondenza con il job profile quale risulta dalle misurazioni effettuate.

Una volta messo a punto il Job campione si e' cercato di riprodurre sul sistema 370/168 il carico attuale inviando per un intervallo di due ore 80 Jobs (tutte copie di quello calibrato in precedenza con l'unica eccezione che l'I/O e' stato distribuito su devices diversi e su canali diversi) secondo una cadenza ricavata da una distribuzione esponenziale.

### 3. Descrizione delle prove effettuate

Terminata la messa a punto dei simulatori di carico si e' passati alla fase di esecuzione delle prove di validazione vere e proprie. Tali prove sono state effettuate sulle macchine messe a disposizione dalla IBM presso l'Information System di Milano - Segrate.

Conformemente a quanto richiesto dall'Istituto abbiamo avuto a disposizione:

- 1 unita' centrale 3081K con 16 Mbytes di memoria centrale,
- 7 canali con 12 dischi 3350 e 3380 per i sistemi e i simulatori
- un parco-dischi (unita', control units, canali) dedicato alla paginazione tale da poter smaltire fino a 400 pagine al secondo. In pratica alla paginazione sono stati dedicati, in un primo tempo, 2 canali con 4 control units e 30 unita' disco 3380.

Le risorse hw disponibili sono state, in un primo tempo, distribuite tra interattivo e batch nel modo seguente: 4 canali, 4 control units e 4 dischi al sistema batch e il restante parco I/O cioe' 3 canali, 4 control units e 8 dischi per il sistema interattivo.

Si osservi come, a fronte di una distribuzione dell'I/O su 24 dischi nell'attuale configurazione del CNUCE, si sia riusciti a limitare le necessita' di unita' disco a 12 pur simulando condizioni di carico notevolmente piu' pesanti di quelle attuali.

Il software di base utilizzato per le prove e' stato predisposto partendo dal materiale messo a disposizione dalla stessa IBM; i sistemi attualmente in uso al CNUCE non sono infatti in grado di sfruttare tutte le potenzialita' della macchina in prova e il confezionamento dei sistemi in casa (e il loro successivo trasporto sulla macchina da provare) risultava piu' difficoltoso della generazione sul posto.

I sistemi adoperati durante le prove sono stati: VM/SP rel. 2.1 con HPO rel. 3.0 per l'interattivo ed MVS/SP rel. 1.3 per il batch.

Il software applicativo utilizzato durante le prove (programmi, compilatori e librerie) e' stato invece prelevato al CNUCE.

Per la rilevazione dei dati necessari a valutare le prestazioni della macchina si sono utilizzati diversi strumenti:

- Il VM MONITOR per la raccolta di dati statistici relativi all'utilizzo delle principali risorse di sistema e ai tempi di risposta agli utenti.
- IL VNAP per la riduzione e interpretazione dei dati raccolti col VM MONITOR.
- Il monitor online del CNUCE MESURE che fornisce un sottoinsieme dei parametri disponibili con VM MONITOR e VNAP ma ha la possibilita' di elaborare in tempo reale i dati raccolti ed e' quindi particolarmente utile nella fase di primo impianto delle prove per operare una prima messa a punto del sistema di calcolo evitando i colli di bottiglia piu' evidenti.
- Un insieme di programmi realizzati dall' Istituto per la creazione di un archivio di dati di throughput del sistema interattivo e la loro successiva riduzione.
- I dati forniti dai componenti SMP e RMP per quanto riguarda l'MVS.

Ricordiamo brevemente che obiettivo delle prove effettuate e' stato quello di misurare throughput e tempi di risposta dei due sistemi; mentre per il batch e' stato possibile misurare direttamente il numero di lavori terminati durante ogni prova (throughput) e l'elapsed time medio (tempo di risposta), per l'interattivo si e' ricorsi a misurare degli indici da cui poter risalire alle 2 grandezze citate e cioe':

- Numero di cicli eseguiti dal simulatore interattivo nell'unita' di tempo (indice di throughput del sistema interattivo).
- I parametri Q1SEC, Q2SEC del VM MONITOR che sono buoni indici di quanto le prestazioni del sistema centrale (escluse quindi le periferiche di collegamento dei terminali) influenzino i tempi di risposta al terminale degli utenti.
- Un insieme di parametri forniti da VM MONITOR e VNAP che consentono di affiancare ai dati precedenti una valutazione sul comportamento del sistema in termini di

utilizzo delle sue componenti principali.

Il piano delle prove da effettuare e' stato predisposto in modo da consentire la valutazione della macchina nella situazione di carico piu' oneroso previsto a fine quinquennio (vedi la relazione "Criteri di valutazione adottati per un confronto tra CPU IEM e IBM compatibili"). Ricordiamo brevemente che questa condizione e' prevista nell'arco orario 15-17 con valore di carico pari a 2,26 volte il carico attuale per l'interattivo e 1,9 volte per il batch. Questi fattori di crescita sono stati ottenuti estrapolando i trends di sviluppo del carico interattivo e batch verificatosi al CNUCE nell'ultimo triennio e sono leggermente diversi (1,4 per l'interattivo e 2,9 per il batch) da quelli ottenuti con un'analisi ragionata degli eventi (vedi ancora la relazione "Dimensionamento della capacita' di calcolo dei sistemi del CNUCE per il quinquennio 1984-88"). Lo spettro delle prove eseguite e' comunque tale da consentire la verifica di entrambe le ipotesi.

In dettaglio sono state eseguite le seguenti prove:

- PROVA 1** : simulatori interattivo e batch tarati sull'attuale carico dell'Istituto. Non e' una prova essenziale ai nostri fini ma consente di verificare la disponibilita' di risorse che il carico attuale lascia sulla nuova unita' centrale anche ai fini di un confronto con le analoghe disponibilita' in situazioni di carico piu' gravose.
- PROVA 2** : simulatore interattivo tarato su un carico 2.3 volte l'attuale e simulatore batch tarato su un carico 2 volte l'attuale. E' la prova piu' importante perche' i simulatori rispecchiano le condizioni di carico previste a fine quinquennio; in queste condizioni l'unita' centrale in prova deve dimostrare di poter smaltire il carico con tempi di risposta soddisfacenti.
- PROVA 3** : Simulatore interattivo tarato sempre sul carico previsto a fine quinquennio e simulatore batch tarato su carico circa triplo dell'attuale. Consente di valutare la macchina in una situazione di carico piu' gravosa di quanto previsto sia usando i coefficienti di sviluppo ottenuti dall'estrapolazione dell'andamento del carico negli ultimi 3 anni sia usando quelli ragionati.

PROVA 4 : Simulatore interattivo come nelle prove 2 e 3 e simulatore batch tarato su carico molto superiore all'attuale (7-8 volte). E' una prova di stress che consente di valutare la macchina in situazione di carico molto spinte ed ha lo scopo di cercare fino a che limite la configurazione in prova fornisce prestazioni accettabili e quando inizia il degrado.

Le prove sono state eseguite usando la feature "Preferred Machine Assist" per favorire le performances del sistema MVS quando esegue sotto VM e ponendosi nelle stesse condizioni operative nelle quali la macchina operera' in servizio al CNUCE; come e' noto la struttura diadica del 3081K permette di poter distribuire in modo dinamico la potenza elaborativa globale al sistema batch o al sistema conversazionale. Poiche' le prove simulano la condizione di massimo carico interattivo (condizione di servizio diurna) una CPU e' stata interamente dedicata al VM e l'altra condivisa dai due sistemi; la risorsa memoria e' stata invece suddivisa tra i due sistemi assegnando 10 MB all' interattivo e 6 MB al batch.

Le prime tre prove hanno dato esito soddisfacente nel senso che il lavoro batch e' stato smaltito interamente in tutte le prove con tempi di risposta soddisfacenti, l' interattivo ha mostrato indici di throughput che soddisfano le condizioni di carico a fine quinquennio sempre con tempi di risposta soddisfacenti.

L' analisi dell' utilizzo delle risorse del sistema reale evidenzia comunque gia' delle strozzature che non hanno influito in modo decisivo sulle prime tre prove ma che hanno invalidato la prova di stress. Infatti la configurazione di I/O assegnata alla paginazione e' risultata sottodimensionata ed ha penalizzato le prestazioni dell' interattivo impedendo il pieno sfruttamento dell' unita' centrale, mentre la ripartizione di risorse tra interattivo e batch che ha dato risultati accettabili nelle prime tre prove si e' dimostrata inadatta a sopportare la prova di stress (l' MVS dispone di troppa memoria e non riesce ad acquisire sufficiente CPU).

#### 4. Conclusioni

Come descritto in questo documento, una notevole attivita' e' stata svolta per eseguire nel modo piu' soddisfacente i test di accettazione che erano stati previsti per la macchina 3081K della IBM.

Le prove sono state eseguite presso l' Information System della IBM di Segrate lavorando durante i week end e di notte per non intralciare la attivita' di servizio cola' svolta.

Due sedute di prove sono state sufficienti per verificare positivamente la capacita' della macchina di assorbire il carico previsto per il servizio calcolo del CNUCE alla fine del prossimo quinquennio.

Pertanto dichiariamo concluse con esito positivo le prove di accettazione che erano state richieste alla IBM e concludiamo che la offerta dell'elaboratore 3081 K della IBM e' l'unica, tra quelle pervenute che risponde alle specifiche approvate da C.d.P. in data 20/7/83 e qui di seguito riportate:

- A. Specifiche di prodotto su cui il CNUCE dovra' impostare la procedura di indagine di mercato per la scelta del proprio sistema di elaborazione per gli anni fino al 1988.
- A.1 Sistema a due processori IBM compatibile, in grado di gestire l'attuale qualita' del carico.
- A.2 Ampia possibilita' di connessione per la gestione delle periferiche di I/O.
- A.3 Capacita' di costituire, senza esigenza di altri calcolatori dedicati, il Front-End di un eventuale sistema vettoriale.
- A.4 Affidabilita' Sw ed Hw complessiva del sistema (verificata e quantificata) superiore rispetto alle precedenti configurazioni a due macchine.
- A.5 Potenza complessiva almeno dell'ordine dei 15 MIPS, con possibilita' di ulteriore upgrading in field.
- A.6 Costo d'acquisto proposto, nell'ipotesi di pagamento in unica soluzione alla consegna, non superiore a 5.000 milioni di lire 1983.



In appendice si riportano alcune schematiche considerazioni circa alcuni aspetti (logistici, finanziari e contrattuali) connessi alla sostituzione del parco delle unita' centrali del CNUCE, indirizzate agli organi deliberanti e volte a definire compiutamente gli aspetti collaterali dell'operazione e a snellire l'iter amministrativo delle pratiche di acquisizione.

## APPENDICE

A conclusione della attivita' di selezione della unita' centrale per ampliare la capacita' di calcolo del CNUCE, riteniamo opportuno segnalare alcuni punti che sono importanti per la successiva fase di installazione e messa in esercizio.

A. Messa a punto dei sistemi operativi sull'elaboratore prescelto

Durante la esecuzione delle prove sul 3081K del centro di Segrate e' stato possibile individuare quei parametri di generazione dei sistemi operativi che permettono di sfruttare al meglio le caratteristiche della nuova CPU; al tempo stesso la configurazione del sistema cola' generato (allocazione dei canali, numero dei dischi, etc.) puo' essere resa piu' funzionale onde ottenere un migliore bilanciamento del carico simulato sul sistema di prova. Queste ed altre modifiche di minore importanza sono in grado di migliorare ulteriormente le prestazioni del sistema e permettere quindi di verificare le soglie critiche per diversi tipi di carico.

Abbiamo pertanto provveduto a richiedere alla IBM di poter utilizzare ancora il 3081K di Segrate per il duplice scopo di effettuare:

- la ulteriore messa a punto dei sistemi operativi sulla base delle caratteristiche peculiari della macchina e del carico simulato e in previsione di una successiva messa in servizio.
- la misura delle riserve di capacita' della macchina incrementando il carico batch o quello conversazionale od entrambi oltre a quanto era previsto dai test di accettazione.

B. Disinstallazione del 370/168

La unita' centrale, memoria e canali del 168, che sono di proprieta' del CNR, dovranno essere disinstallati immediatamente prima della installazione del 3081D. Trattandosi di avvicendamento di elaboratori della stessa ditta, il costo di disinstallazione e' zero; il tempo per la disinstallazione puo' variare anche considerevolmente se la

macchina viene smantellata oppure se viene smontata per essere rimontata in altro luogo (da 3 a 15 giorni).

Data di prima installazione del 370/168 = 1974 (Dicembre)

Canone annuo di noleggio = 1018 M

Data di acquisto da parte del CNR = 1978 (Gennaio)

Costo di acquisto = 2.155 M

Costo annuo attuale della manutenzione = 91 M

Valore stimato attuale meno di 50 M

Costo per la messa in servizio, in assenza di rilevanti guasti all'elaboratore al momento della ripartenza:

- in caso di esistenza di impianti ausiliari predisposti (data chiller, spazio opportuno, raffreddamento aria) = almeno 50 M
- in caso di assenza di impianti ausiliari = almeno 200 M.

Riteniamo urgente che venga presa una decisione sulla sorte del 168 per non rischiare che lo smantellamento od alienazione costituisca un impedimento per la nuova installazione.

### C. Destinazione del 3033 MGN

Riteniamo che, ove non vi siano urgenze in senso contrario, sarebbe oltremodo utile per la continuita' del servizio del CNUCE poter disporre dopo la installazione del 3081D del 3033 ancora per qualche mese per poterlo utilizzare come strumento di prova per i Sistemi operativi e per funzioni di back up finche' il nuovo elaboratore non sia andato a regime.

Riteniamo inoltre che la durata della succitata fase di tuning e back-up dovrebbe essere non inferiore a sei mesi ovverosia al tempo minimo necessario affinche' si possa realizzare il passaggio da modello D a modello K; su tale modello, che ha una potenza superiore al D di circa il 20%, sono state effettuate le prove e pertanto la disponibilita' di una macchina di back-up potrebbe essere utile sino ad upgrade avvenuto.

Pertanto il contratto di manutenzione per il 3033 dovrebbe essere mantenuto almeno per tutto l'anno in corso.

Nel frattempo siamo disponibili a fornire i contributi necessari a definire la nuova allocacizne dell'elaboratore o la sua messa in vendita.

#### D. Data di installazione del 3081D

La data di installazione della nuova macchina e' legata naturalmente ai tempi di approvazione del contratto ed alla capacita' della IBM di consegnarla in tempi ristretti. Ai fini della pianificazione del servizio del CNUCE, il periodo di minore impatto sulla utenza sarebbe il mese di agosto; tecnicamente questo obiettivo sembra raggiungibile se gli organi decisionali del CNR opereranno sollecitamente. L'unico inconveniente del mese di agosto e' la probabilita' che in quel periodo vi siano molte persone in ferie delle varie parti coinvolte nell'avvicendamento degli elaboratori (CNUCE, IBM, ditte che curano la manutenzione degli impianti ausiliari, ditte di trasporti, ditte che forniscono mano d'opera a cottimo, etc.). Pertanto il periodo della installazione dovrebbe essere deciso con un certo anticipo per poter almeno pianificare le ferie delle persone chiave.

#### E. Upgrade da modello D a modello K

Sono stati gia' ampiamente spiegati nelle relazioni precedenti i motivi per i quali e' necessario installare un modello D per arrivare ad un modello K. La sosta sul modello D e' imposta dal contratto che prevede di poter cambiare modello non prima di sei mesi dalla data di installazione.

Il cambio modello potrebbe avvenire entro il 1984 solo se la installazione del modello D fosse effettuata prima della fine di giugno.

La IBM afferma di poter installare un 3081D e farlo partire in servizio nel tempo di un fine settimana; un tempo di poco inferiore e' necessario per operare il cambio modello.

Pertanto, ai fini della continuita' del servizio, qualora i tempi burocratici e di consegna della macchina lo consentissero, potrebbe essere considerata la soluzione di installare il modello D entro fine giugno ed il modello K

durante la interruzione di servizio tra Natale e Capodanno; i problemi collegati alle ferie sarebbero senza dubbio minori.

F. Questioni contrattuali relative alla acquisizione del 3081K

Poiche' la macchina in questione avra' una vita operativa di almeno cinque anni, l'acquisto e' la forma contrattuale piu' conveniente (rispetto a noleggio o leasing).

Dato l'ammontare della cifra (3570 MM incluso l'upgrade da modello D a K), e' opportuno ripartire l'onere su piu' esercizi finanziari (almeno due). L'ammontare della cifra da destinare per il bilancio 1984 ha un minimo stabilito per contratto dalla IBM pari al 25% della cifra totale e cioe' circa 900 M); la cifra da destinare dovra' essere determinata facendo un compromesso tra la disponibilita' sui capitoli di bilancio 84 per il calcolo e la opportunita' di saldare subito il massimo possibile per diminuire le quote di interesse da pagare negli anni successivi.

G. Interventi sulla periferia da attuarsi contestualmente alla installazione del nuovo elaboratore

Nella pianificazione poliennale presentata dal CNUCE alla CGI, alcuni interventi sulla periferia erano previsti per il 1985, tra questi la riconfigurazione delle stringhe di dischi ( e l'incremento delle unita' di controllo dei terminali), dovrebbero avvenire contemporaneamente alla installazione della nuova macchina per non trovarsi subito con degli sbilanciamenti. Poiche' perverra' una nuova offerta da parte della IBM ulteriormente ridotta a causa di una diminuzione di prezzi di listino, i potenziali colli di bottiglia menzionati potrebbero essere evitati includendo nell'ordine le unita' necessarie per lo scopo e rimanendo entro la spesa attualmente prevista pari a 3570 M.

H. Risorse impiegate per le attivita' connesse alla selezione della CPU

Se limitiamo la stima delle risorse impegnate nella fase della selezione che inizia nel Settembre 83 con la costituzione della apposita commissione nominata dalla CGI e coordinata dal Prof. Alberigi, risultano i dati seguenti:

- Le persone a vario titolo coinvolte sono state 12 per un totale di 20 mesi uomo
- Le ore di prova per la messa a punto dei simulatori di carico effettuate presso il CNUCE sono state circa 20 sul sistema 3033 e 16 sul sistema 168
- Le prove sul 3081K di Segrate si sono protratte per un totale di 40 ore con l'impiego di 30 giorni uomo in tre riprese
- Le giornate di missione, escluse quelle effettuate all'IBM di Segrate, sono state 25.

## INDICE

1. Introduzione . . . . .	1
2. Creazione e messa a punto dei simulatori . . . . .	3
2.1 Simulatore del carico interattivo . . . . .	3
2.2 Simulatore del carico batch . . . . .	12
3. Descrizione delle prove effettuate . . . . .	18
4. Conclusioni . . . . .	22
APPENDICE . . . . .	24

