Cálculo de tarifas por uso de recursos de un centro de cómputo

Por: Ing. Daniel A. Cañas

INTRODUCCION

Las actividades de procesamiento de datos en un centro de cómputo son bastante caras de proveer, mantener y operar. Conforme se va progresando más y más gente se convierte en usuario activo de la instalación el precio puede aumentar.

El aspecto de los servicios proporcionados por una instalación es usualmente muy amplio e incluye factores considerables como la velocidad de la CPU (Unidad central de proceso), velocidad de memoria principal y auxiliar, tiempos de acceso y transferencia, velocidad y cantidad de periféricos en línea, tipos de equipo de comunicación de datos, seguridad y almacenamiento de información en línea, disponibilidad y calidad del software y hardware, documentación disponible, disponibilidad de consulta de servicios y muchos otros.

Existe un gasto asociado con cada uno de estos factores, siendo el "hardware" y el "software", quienes constituyen el principal de estos gastos. El precio del mantenimiento del hardware y suministro de operación son también importantes.

Históricamente, el tiempo total de CPU fue usado como la base para facturar, sin considerar los otros periféricos usados; aún cuando fuesen asignados para un único trabajo en ejecución.

Ahora la mayor parte de los sistemas modernos permiten que una variedad de actividades tengan lugar al mismo tiempo. Multiprogramación y multiprocesamiento han cambiado notoriamente el concepto de únicamente un solo trabajo en ejecución.

Estas innovaciones han hecho del viejo sistema de facturación un sistema anticuado y nuevos algoritmos tienen que ser desarrollados.

POLITICA DE FACTURACION

Diferentes instalaciones han desarrollado sus propios sistemas de facturación de manera que satisfagan sus necesidades.

Una política de facturación al ser utilizada por un centro de cómputo, debería tener las siguientes características:

1– Un mecanismo para recopilar datos, mientras los trabajos se están procesando.

2– Una fórmula para distribuir los recursos usados para procesar el trabajo.

3– Tarifas para cada uno de los recursos.

La facturación de un trabajo debe presentar una razonable aproximación del precio por procesar el trabajo. Un algoritmo de facturación inexacto provocaría objeciones y sobrecargos. Dos ejecuciones de un trabajo en la misma computadora deberá producir la misma factura. Multiprogramación y el sistema de memoria virtual requiere una cuidadosa colección de datos para asegurar un buen algoritmo de facturación.

Multiprogramación es la causa principal de las complicaciones al capturar datos. Debido a que el Sistema Operativo distribuye dinámicamente los recursos a un diferente número de trabajos, es esencial cargar imparcialmente esos recursos a los trabajos que los están utilizando. La recolección de datos tal como el compartir el uso del CPU y entrada/salida no es una labor trivial. El tiempo usado por el propio sistema y la interferencia de multiprogramación, puede causar diferentes tiempos de ejecución en un mismo trabajo.

COSTO DEL TRABAJO

No solamente la recolección de datos es importante, no obstante las tarifas deben ser calculadas. Antes de discutir el cálculo de tarifas presentaremos varios algoritmos de facturación, los

* El autor es Master en Computación. Actualmente es el Director del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

cuales darán una clara idea de cuán complicados pueden resultar estos algoritmos.

Empezaremos con un algoritmo muy simple. Considérese la siguiente fórmula:

Costo del trabajo = (C + I)*R

C = Tiempo en segundos de CPU en segundos

I = Tiempo en segundos de entrada/salida en segundos

R = Tarifa por segundo

Este algoritmo es muy fácil de entender, pero factores muy importantes han sido omitidos, tales como, cantidad de memoria, almacenaje en dispositivos periféricos, etc.

Un algoritmo más complejo sería el siguiente:

$$\text{Costo del trabajo} = Q\left[CR_1 + RP_2 + PR_3 + LR_4 + (C + I + W) * (TR_5 + DR_6 + KR_7) + OR_8 + XR_9\right]$$

Q = Factor de prioridad

C = Tiempo en segundos de CPU

R = Tarjetas leídas

P = Tarjetas perforadas

L = Líneas impresas

I = Tiempo de canal en segundos

W = Tiempo de espera voluntario en segundos

T = Número de unidades de cinta utilizadas

D = Número de disco usado

K = Cantidad de memoria en bloques de 1024 bytes

O = Número de intervenciones del operador (mensajes de la consola, montar la cinta, etc.)

X = Tiempo de conexión de la terminal en segundos

R_1 = Costo del CPU por segundo

R_2 = Costo de la lectura de una tarjeta.

R_3 = Costo por tarjeta perforada.

R_4 = Costo por imprimir una línea

R_5 = Costo por uso de la cinta

R_6 = Costo por uso del disco

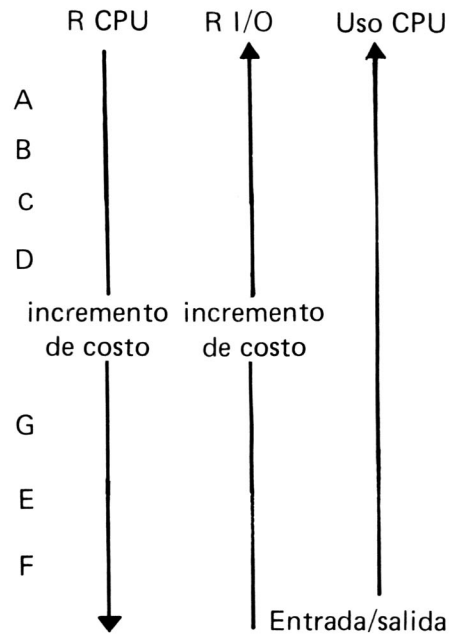
R_7 = Costo por 1K de memoria (1K = 1024 bytes)

R_8 = Costo por intervención del operador

R_9 = Costo por segundo de conexión

Esta fórmula es demasiado complicada y todavía no han sido consideradas todas las posibles situaciones de facturación; por ejemplo, si el centro de procesamiento de datos necesita cobrar más a los usuarios que tienen trabajos muy extensos que envuelven cantidad de dispositivos. No ha sido considerado en su totalidad cuánto espacio de disco se utiliza. Otro sistema de facturación sería el siguiente:

Considere que hay siete clases de trabajo establecidas, con indicadores desde la A hasta la G. Estas clases pueden ser clasificadas, en orden desde la clase que representa una alta utilización del CPU (unidad central de proceso) hasta la de la clase que representa muchas operaciones de entrada/salida I/O, orientando el trabajo en la secuencia A,B,C, E,F,G. (Clase D es la usada por el sistema operativo, para aquellos trabajos que no especifican el tipo).



Al observar esta tabla vemos que el costo por uso de CPU para la clase A es más bajo, mientras que el costo por tiempo de I/O es alto. El costo por tiempo de la clase G, por el contrario, es la más alta para CPU, pero muy baja para I/O.

El usuario cuando somete su trabajo, especificará la clase de trabajo, prioridad y memoria requeridas. El costo del trabajo será computado como sigue:

$$\text{Costo del trabajo} = (CR_1 + IR_2) * (I + M + P_R) + PR_3 + LR_4 + P_U R_5$$

C = Tiempo de CPU
I = Tiempo de I/O
$M = \frac{\text{Memoria requerida}}{\text{Memoria disponible}}$

$P_R = \frac{\text{Prioridad}}{6}$

P = Número de páginas
L = Número de líneas
P_U = Número de tarjetas perforadas
R_1 = Costo del CPU por segundo
R_2 = Costo por segundo de I/O)
R_3 = Costo por página
R_4 = Costo por línea impresa
R_5 = Costo por tarjeta perforada

Este algoritmo tendrá algunas ventajas; por ejemplo, es el más apropiado para trabajos de multiprogramación, es el que menos gastos proporciona, brindando al usuario una exacta clasificación de su trabajo. Pero tiene algunas desventajas, no ha sido estimado el costo por el uso de cintas magnéticas y almacenamiento en disco, pero sí se consideraron trabajos que atan el sistema por mucho tiempo ya sea por requerir de mucho tiempo de CPU o de I/O.

CALCULO DE TARIFAS

Después de que el mecanismo de recopilación de datos y el algoritmo han sido establecidos, es importante que el personal y los usuarios del centro de cómputo comprendan como se fijaron las tarifas y que éstas evidentemente reflejan el precio asociado con el trabajo. La forma de calcular las tarifas es muy precisa. Para cada componente, que se toma en cuenta en el algoritmo, establecer el precio y la utilización del mismo y obtener su razón, o sea;

$$R_c = C_c / U_c$$

donde

R_c = Tarifa

C_c = Precio

U_c = Utilización de cada componente

El proceso para calcular el precio incluye:

1. La lista de los costos actuales que demandan el uso del computador. Esto incluye: salarios, renta del equipo, costo de arrendamiento o compra, provisiones, facilidades, mantenimiento y otros costos directos.

2. La lista que respalda los costos anuales que se han establecido para el uso del computador. Esto podría incluir: porcentaje de salarios, mantenimiento de las técnicas de programación, programación y planificación.

3. La lista de cada componente que requiere una tarifa, por ejemplo, el CPU, dispositivos de cintas magnéticas, impresoras, etc.

4. Inmediatamente después, de cada componente, la lista de sus costos anuales, incluyendo porcentajes de todos los gastos imprevistos establecidos.

El nivel de utilización de cada componente que fue facturado también puede ser determinado. Por ejemplo, la impresora puede ser facturada con base en el número de líneas impresas por año.

Como hemos visto, diferentes sistemas de facturación utilizan diferentes mecanismos de recopilación de datos y fórmulas. Aún cuando las diferencias son insignificantes, ellas intentan comparar gastos de trabajos corridos basados simplemente en tarifas. Cada instalación individual determinará sus mecanismos de reparto, dependiendo de sus propias necesidades y facilidades. No es funcional dar un algoritmo, que pueda ser usado por cada instalación, debido a que las necesidades, facilidades y objetivos varía de un centro de cómputo a otro.

ALGORITMO DE RECOPILACION DE DATOS

Bajo el sistema operativo DOS/VS el cual se está utilizando en el I.T.C.R., puede correrse el programa POWER/VS, que entre sus múltiples funciones, tiene su propio mecanismo para la recolección de datos necesarios para determinar el costo de procesar un trabajo. Este programa obtiene información tal como, tiempo de CPU, número de tarjetas leídas, número de líneas impresas, etc. Con la información obtenida por el POWER/VS puede aplicarse el algoritmo de facturación, que se expone a continuación, y obtener los costos por trabajo y por usuario.

ALGORITMO DE FACTURACION

Después de estudiar las posibilidades de facturación de tiem-

po de máquina se ha llegado a la conclusión de que lo más signinicativo sería facturar por recurso utilizado dentro del equipo, para lo cual sugerimos el siguiente algoritmo:

$$\text{Costo/trabajo} = (CR \quad I_1R_1 + I_2R_2 + I_3R_3 + I_4R_4) * (1 + P_r) + PR_p + LR_1$$

C = Tiempo de CPU (seg.).

I_1 = No. de accesos de I/O a lectora.

I_2 = No. de accesos de I/O a impresora.

I_3 = No. de accesos de I/O a disco.

I_4 = No. de accesos de I/O a cinta.

P_r = Prioridad (0,1).

P = Número de páginas impresas.

L = Número de líneas impresas.

R = Costo por segundo - CPU.

R_1 = Costo por acceso a lectora.

R_2 = Costo por acceso a impresora.

R_3 = Costo por acceso a disco.

R_4 = Costo por acceso a cinta.

R_p = Costo por página impresa.

R_L = Costo por línea impresa.

Este algoritmo tiene varias ventajas, por ejemplo, es el más apropiado para trabajos en multiprogramación, el menos costoso de operar, provee al usuario un desgloce de los recursos de equipo que está usando, y el costo de un mismo trabajo permanecerá constante independientemente del ambiente en que se procese.

CALCULO DE TARIFAS DE FACTURACION

Las siguientes tarifas se han establecido, tomando en cuenta el costo total de operación del Centro de Cómputo y tiempo de máquina usado durante cada mes.

Tomando en cuenta las velocidades de las diferentes unidades, para así determinar el trabajo que pueden realizar en una hora, obtenemos la tabla de costos por unidad, para uso del equipo. En el apéndice se encuentran las consideraciones que se tomaron para obtener estos costos.

Costo anual del equipo	₡	890.600
Equipo periférico, software y otros	₡	540.000
Salarios personal del Centro de Cómputo	₡	762.300
Provisiones, incluyendo papelería, tarjetas, cintas, etc.	₡	230.000
Total de gastos anuales	₡	2.422.900
Costo mes típico	₡	201.910

Tiempo de uso del equipo . . . . . 280 horas/mes

Usando los tiempos y costos mensuales obtenemos el costo por hora de uso del equipo.

Costo por hora . . . . . ₡ 721.11

Si consideramos el porcentaje del costo de cada unidad, obtenemos la siguiente tabla.

Unidad	Porcentaje del costo del equipo	Costo/hora	Costo/hora por unidad
CPU	60%	*₡721.11 =	₡432.67/hora
Lectora	5%	*₡721.11 =	₡ 36.06/hora
Impresora	11%	*₡721.11 =	₡ 79.32/hora
Discos	11%	*₡721.11 =	₡ 79.32/hora
Cintas	6%	*₡721.11 =	₡ 43.27/hora
Terminales	7%	*₡721.11 =	₡ 50.48/hora

TABLA I. Porcentaje de Costos

CPU	¢	.12	/seg.
IMPRESORA			
a. Costo por línea impresa	¢	.0033	/línea
b. Costo por acceso a unidad	¢	.00165	/acceso
c. Costo por página impresa	¢	.27	/página
LECTORA			
a. Costo por tarjeta leída	¢	.0015	/tarjeta
b. Costo por acceso a unidad	¢	.00002	/acceso
DISCOS	¢	.00080	/acceso
CINTA	¢	.00018	/acceso
TERMINALES (cada una)	¢	.014	/seg.

TABLA 2: Costos por uso de diferentes unidades (usuarios-internos)

Se desprende del análisis anterior, que existen dos tipos de venta de tiempo de computador:

a. Hora salón
Bajo esta modalidad el usuario tendrá bajo su cargo toda la instalación física, y la facturación se hará con base en las horas que el equipo estuvo a su disposición, independientemente del tiempo efectivo se fijará una tarifa de ¢721/hora.

b. Por unidad
Para este tipo de servicio se facturará únicamente los recursos efectivamente usados bajo los costos que se indican en la tabla 2.

APENDICE A

OBTENCION DE COSTOS POR USO DE UNIDAD

ACCESO A DISCO

Debido a que la única información disponible en cuanto al uso del disco es el número de S10 (star 1/0) el costo del uso del mismo se basará en está información.

Cada instrucción de S10, significa que se ha hecho una petición para ejecutar una operación de entrada/salida a la unidad de discos. El tiempo requerido para accesar y transferir información consiste de. tiempo de acceso, tiempo de selección de cabezas, retardo rotacional y transferencia de información. Los tiempos promedios son los siguientes:

Tiempo de acceso 25 milisegundos.
Retardo posicional 10.12 milisegundos.

No se considera el tiempo de selección de cabeza, ni el tiempo de transferencia, pues son insignificantes con respecto a los otros tiempos en consideración. Por lo tanto, en promedio, se necesitarán .0351 seg/S10. Considerando que el costo de la unidad de disco es de ¢ 79.32/hora refleja un costo de ¢ .00080 /S10.

LECTURA DE TARJETAS

A. Lectura de tarjetas

En promedio se tardan .15 segundos en leer una tarjeta y considerando que el costo de la lectora es de ¢ 36.06 /hora, tendremos que el costo de lectura es de ¢ .00150 /tarjeta.

B. Uso de canal

Si se considera que el canal 'multiplexor' tiene una velocidad de transferencia de 25.000 bytes/segundo, para efectuar la transferencia de 80 bytes (1 tarjeta) necesitamos .0032 segundos. Si en promedio se requiere un S10 efectuar la transferencia de información de una tarjeta y como el costo del canal 'multiplexor' es de ¢ 18.97/hora, el costo por uso de canal, o lo que es lo mismo por S10 es de ¢ .00002.

UNIDAD DE CINTA

Tomando en consideración que, en promedio, se efectúa un S10 por cada acceso, podemos calcular el costo por acceso a la unidad de cinta. El costo de la unidad de cinta es de ¢ 43.27 /hora y se necesitan .015 segundos por acceso, de donde obtenemos el costo de ¢ .00018/acceso.

IMPRESORA

a. Línea impresora

Para imprimir una línea se necesitan .15 segundos, y si el costo de la impresora es de ¢ 79.32/hora obtenemos un costo de ¢ .0033/línea.

b. Acceso a impresora

En promedio se necesitan dos S10 para llevar a cabo la impresión de una línea, y el tiempo aproximado por acceso a la unidad es de .075 segundo, lo que nos dará un costo de ¢ .00165/acceso.

CPU

El costo del CPU es de ¢ 432.67/hora, por lo tanto, el costo de utilización del mismo es de ¢ .12019/segundo.

c. Página impresa

El costo del papel es de ¢ 270/millar, por lo que el costo de cada hoja es de ¢ .270.

LITERATURA CONSULTADA

1.– Bookman, P.G. "Make your users pay the price". COMPUTER DECISIONS.4 (9) p. 28 - 31. September, 1972.

2.– Borovits, I. y Ein-Dor, P. "Cost/ Utilization. A measure of System Performance". CACM. 20 (3). March, 1977.

3.– Borovits, I. "Pricing of Computer Services. An Emperial Approach". Sin publicar.

4.– Cañas, D. "Billing of Computer Resources". Sin publicar.

5.– Jones, W.J. "Funny Money. A Semantic Aberration". COMPUTER CENTER NEWS; Syracuse University. 5 (5). December 1, 1971.

6.– Martel, F. "New CC Accounting Procedures. COMPUTER CENTER NEWS Syracuse University. 5 (5) December 1, 1971.

7.– Draper, M. "Exec – Accounting". ACADEMIC COMPUTER CENTER; The University of Wisconsin. Madison, 1972.

8.– Hillegas, J.R. "Pricing Out the Time Sharing Puzzle", COMPUTER DECISIONS. 5 (2) p. 24 - 32. February, 1973.

9.– IBM. IBM 3410/3411 Magnetic Tape Subsystem Component Description. GA 32 - 0022 – 0.

10.– IBM, IBM 3202 Printer Component Description an Operators Guide.

11.– IBM, IBM System/370 Principles of Operation. GA 22-7000-5.

12.– IBM, IBM System Management Guide.

13.– IBM, IBM System/370 Input/ Output Configurator GA22-70 02-10.

14.– IBM, Reference Manual for IBM 3340/3344 Desk Storage. GA 26 -1619-4.

15.– IBM, IBM System/370 Model 115, Functional Characteristics GA 33-1510-1.

16.– Madrick, S. y Donovan, J. Operating Systems. New York: Mc Graw Hill, 1974.

17.– Swoyor, V. y Armstrong, M. "Timing and Charging Computer Use on the IBM 360/65 in a Multiprogrammed Environment" Technical Report. 2.1 - 69. University of Rochester Computing Center, February, 1969.

18.– "Allocation and Changing System". University of Connecticut Computer Center. Newsletter. 4 (6). August, 1972.

19.– University of Tennesse Computing Center; Users Guide. December 15, 1970.

20.– Wiorbowski, J. "A Cost Allocation Model"; Datamation. 19 (8) p. 60-65. August, 1973.

