

文件大小	VU 1984	VU 2005	Web	文件大小	VU 1984	VU 2005	Web
1	1.79	1.38	6.67	16 KB	92.53	78.92	86.79
2	1.88	1.53	7.67	32 KB	97.21	85.87	91.65
4	2.01	1.65	8.33	64 KB	99.18	90.84	94.80
8	2.31	1.80	11.30	128 KB	99.84	93.73	96.93
16	3.32	2.15	11.46	256 KB	99.96	96.12	98.48
32	5.13	3.15	12.33	512 KB	100.00	97.73	98.99
64	8.71	4.98	26.10	1 MB	100.00	98.87	99.62
128	14.73	8.03	28.49	2 MB	100.00	99.44	99.80
256	23.09	13.29	32.10	4 MB	100.00	99.71	99.87
512	34.44	20.62	39.94	8 MB	100.00	99.86	99.94
1 KB	48.05	30.91	47.82	16 MB	100.00	99.94	99.97
2 KB	60.87	46.09	59.44	32 MB	100.00	99.97	99.99
4 KB	75.31	59.13	70.64	64 MB	100.00	99.99	99.99
8 KB	84.97	69.96	79.69	128 MB	100.00	99.99	100.00

图4-20 小于某个给定值（字节）的文件的百分比

我们能从这些数据中得出什么结论呢？如果块大小是1KB，则只有30%~50%的文件能够放在一个块内，但如果块大小是4KB，这一比例将上升到60%~70%。那篇论文中的其他数据显示，如果块大小是4KB，则93%的磁盘块会被10%最大的文件使用。这意味着在每个小文件末尾浪费一些空间几乎不会有任何关系，因为磁盘被少量的大文件（视频）给占用了，并且小文件所占空间的总量根本就无关紧要，甚至将那90%最小的文件所占的空间翻一倍也不会引人注目。

另一方面，分配单位很小意味着每个文件由很多块组成，每读一块都有寻道和旋转延迟时间，所以，读取由很多小块组成的文件会非常慢。

举例说明，假设磁盘每道有1MB，其旋转时间为8.33ms，平均寻道时间为5ms。以毫秒（ms）为单位，读取一个 k 个字节的块所需要的时间是寻道时间、旋转延迟和传送时间之和：

$$5 + 4.165 + (k / 1\,000\,000) \times 8.33$$

图4-21的虚线表示一个磁盘的数据率与块大小之间的函数关系。要计算空间利用率，则要对文件的平均大小做出假设。为简单起见，假设所有文件都是4KB。尽管这个数据稍微大于在VU测量得到的数据，但是学生们大概应该有比公司数据中心更小的文件，所以这样整体上也许更好些。图4-21中的实线表示作为盘块大小函数的空间利用率。

可以按下面的方式理解这两条曲线。对一个块的访问时间完全由寻道时间和旋转延迟所决定，所以若要花费9ms的代价访问一个盘块，那么取的数据越多越好。因此，数据率随着磁盘块的增大而增大（直到传输花费很长的时间以至于传输时间成为主导因素）。

现在考虑空间利用率。对于4KB文件和1KB、2KB或4KB的磁盘块，分别使用4、2、1块的文件，没有浪费。对于8KB块以及4KB文件，空间利用率降至50%，而16KB块则降至25%。实际上，很少有文件的大小是磁盘块整数倍的，所以一个文件的最后一个磁盘块中总是有一些空间浪费。

然而，这些曲线显示出性能与空间利用率天生就是矛盾的。小的块会导致低的性能但是高的空间利用率。对于这些数据，不存在合理的折中方案。在两条曲线的相交处的大小大约是64KB，但是数据（传输）速率只有6.6MB/s并且空间利用率只有大约7%，两者都不是很好。从历史观点上来说，文件系统将大小设在1~4KB之间，但现在随着磁盘超过了1TB，还是将块的大小提升到64KB并且接受浪费的磁

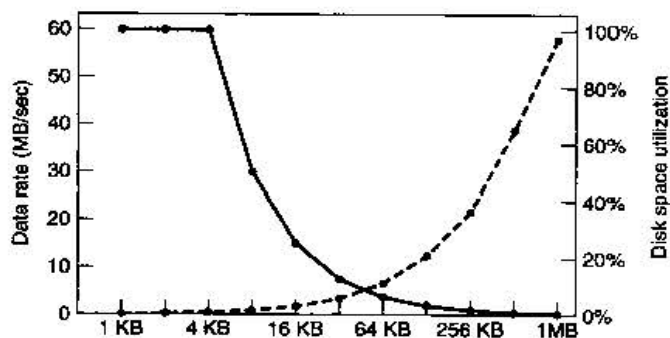


图4-21 虚线（左边标度）给出磁盘数据率，实线（右边标度）给出磁盘空间利用率（所有文件大小均为4KB）