

CPU FREQUENCY GOVERNOR

1. Định nghĩa về CPU_Freq Governor

1.1. Dynamic Frequency Scaling

Dynamic Frequency Scaling (hay CPU throttling) là một kỹ thuật trong kiến trúc máy tính trong đó tần số xung nhịp của vi xử lý tự động điều chỉnh tùy theo năng lực tính toán cần thiết nhằm tiết kiệm năng lượng và giảm nhiệt năng tỏa ra từ chip. Được xem như giải pháp tiết kiệm pin trên thiết bị di động, giảm tiếng ồn do hệ thống tản nhiệt của máy tính và tính toán bảo vệ hệ thống khi bị quá tải nhiệt (đặc biệt sau khi ép xung).

Liên hệ mật thiết đến Dynamic Voltage Scaling khi tần số xung clock tỷ lệ thuận với điện áp tiêu thụ.

Chuẩn phổ biến để thiết kế DFS là các chuẩn ACPI, đặc biệt là qua **C states**, **P states**, và **CPPC (Collaborative Processor Performance Control)**.

Bảng 1.1. Các chuẩn ACPI

Chuẩn ACPI	Thành phần	Mô tả
ACPI 1.0 (1996)	C-states (Idle States)	Xác định các mức nghỉ (idle) cho CPU. CPU có thể chuyển sang các trạng thái như C1, C2, C3 để tiết kiệm điện khi không hoạt động. Không có frequency scaling.
ACPI 2.0 (2000)	P-states (Performance States)	Cho phép CPU thay đổi tần số và điện áp để phù hợp với tải công việc. Ví dụ: Intel SpeedStep, AMD Cool'n'Quiet hoạt động qua P-states. Tối đa 16 mức.
ACPI 5.0 (2011)	CPPC (Collaborative Processor Performance Control)	Cung cấp "performance levels" trừu tượng hóa thay vì chỉ dùng tần số. Cho phép hàng trăm mức hiệu năng, do OS đề xuất và CPU quyết định thực thi. Hỗ trợ autonomous frequency scaling.

1.2. CPU Frequency Governor

Governor là một thuật toán (policy) trong Linux Kernel dùng để quyết định tần số CPU nên được chọn tại một thời điểm nào đó, dựa vào trạng thái hệ thống như mức sử dụng CPU, tiết kiệm điện, v.v. Nói cách khác: Governor quyết định “nên chọn tần số bao nhiêu”, còn driver sẽ thực thi việc thay đổi tần số đó.

```
struct cpufreq_governor {
    const char *name;
    int (*init)(struct cpufreq_policy *policy);
    void (*exit)(struct cpufreq_policy *policy);
    void (*limits)(struct cpufreq_policy *policy);
    void (*stop)(struct cpufreq_policy *policy);
    void (*start)(struct cpufreq_policy *policy);
    void (*update)(struct cpufreq_policy *policy);
    struct list_head governor_list;
    unsigned int flags;
    struct module *owner;
};
```

Hình 1.1. Cấu trúc chính trong kernel của Governor.

Trong một struct của governor bao gồm: *name* là tên của governor hiển thị trong sysfs, *init* hàm khởi tạo khi chạy governor, *limits* được gọi khi mini/max freq thay đổi, *start/stop/update* là logic cốt lõi để xử lý thay đổi tải, *flags* chỉ cờ đặc tính của governor.

Các Governor phổ biến trong linux:

Governor	Mô tả	Tần suất sử dụng
performance	Luôn chạy ở tần số tối đa (policy->max)	Tốt cho hiệu năng, kém tiết kiệm điện
powersave	Luôn chạy ở tần số thấp nhất (policy->min)	Tối ưu điện năng, hiệu năng kém
ondemand	Tự động scale lên tối đa khi tải cao, hạ xuống khi rảnh	Phổ biến, cân bằng
conservative	Giống ondemand nhưng tăng/giảm chậm hơn	Mượt mà hơn
schedutil	Dựa trên Linux scheduler (CFS), modern, chính xác	Mặc định kernel mới

Governor	Mô tả	Tần suất sử dụng
userspace	Cho phép user-space app tự đặt tần số cụ thể	Tùy chỉnh cao, ít dùng

Mối quan hệ giữa Dynamic Frequency Scaling và Governor, DFS đóng vai trò như một actuator thay đổi tần số còn Governor là thành phần quyết định tần số nào và khi nào cần áp dụng DFS. Nó theo dõi tình trạng hệ thống và chọn tần số phù hợp. Governor đóng vai trò như bộ điều khiển thực thi policy DFS.

2. Tần số xung nhịp Vi xử lý thay đổi phụ thuộc các yếu tố nào của hệ thống?