



**Нижегородский государственный университет
им. Н.И.Лобачевского**

Факультет Вычислительной математики и кибернетики

***Параллелизм
как основа архитектуры ВС***

Раздел 7

Законы Амдала и Густафсона

Кудин А.В., к.т.н.

Содержание

- ❑ Метрики параллелизма
- ❑ Закон Амдала
- ❑ Закон Густафсона



Уровни параллелизма

Микроуровневый параллелизм

Параллелизм **уровня команд**

Параллелизм **уровня потоков**

Параллелизм **уровня заданий**
Мультипроцессорные системы
Мультикомпьютерные системы

Степень гранулярности

(отношение объёма вычислений к объёму коммуникаций):

Мелкозернистый (fine grained)
обеспечивает компилятор

Среднезернистый (medium grained)
обеспечивают программист, компилятор

Крупнозернистый (coarse grained)
обеспечивает OS



Метрики параллелизма

DOP (Degree Of Parallelism)

Степень параллелизма программы – $D(t)$ – число процессоров, участвующих в исполнении программы в момент времени t

DOP зависит от алгоритма программы, эффективности компиляции и доступных ресурсов при исполнении

График $D(t)$ – **профиль параллелизма** программы

$T(n)$ – время исполнения программы на n процессорах

$T(n) < T(1)$, если параллельная версия алгоритма эффективна

$T(n) > T(1)$, если накладные расходы (издержки) реализации параллельной версии алгоритма чрезмерно велики



Метрики параллелизма

Speedup

Ускорение за счёт параллельного выполнения

$$S(n) = T(1) / T(n)$$

Efficiency

Эффективность системы из n процессоров

$$E(n) = S(n) / n$$

Случай $S(n)=n$ – **линейное ускорение** – **масштабируемость (Scalability)** алгоритма (возможность ускорения вычислений пропорционально числу процессоров)

Случай $S(n)>n$ – **суперлинейное ускорение** (например, из-за большего коэффициента кеш-попаданий)



Закон Амдала

Gene Amdahl (1967)

f – доля последовательной части программы

$1-f$ – доля распараллеливаемой части программы

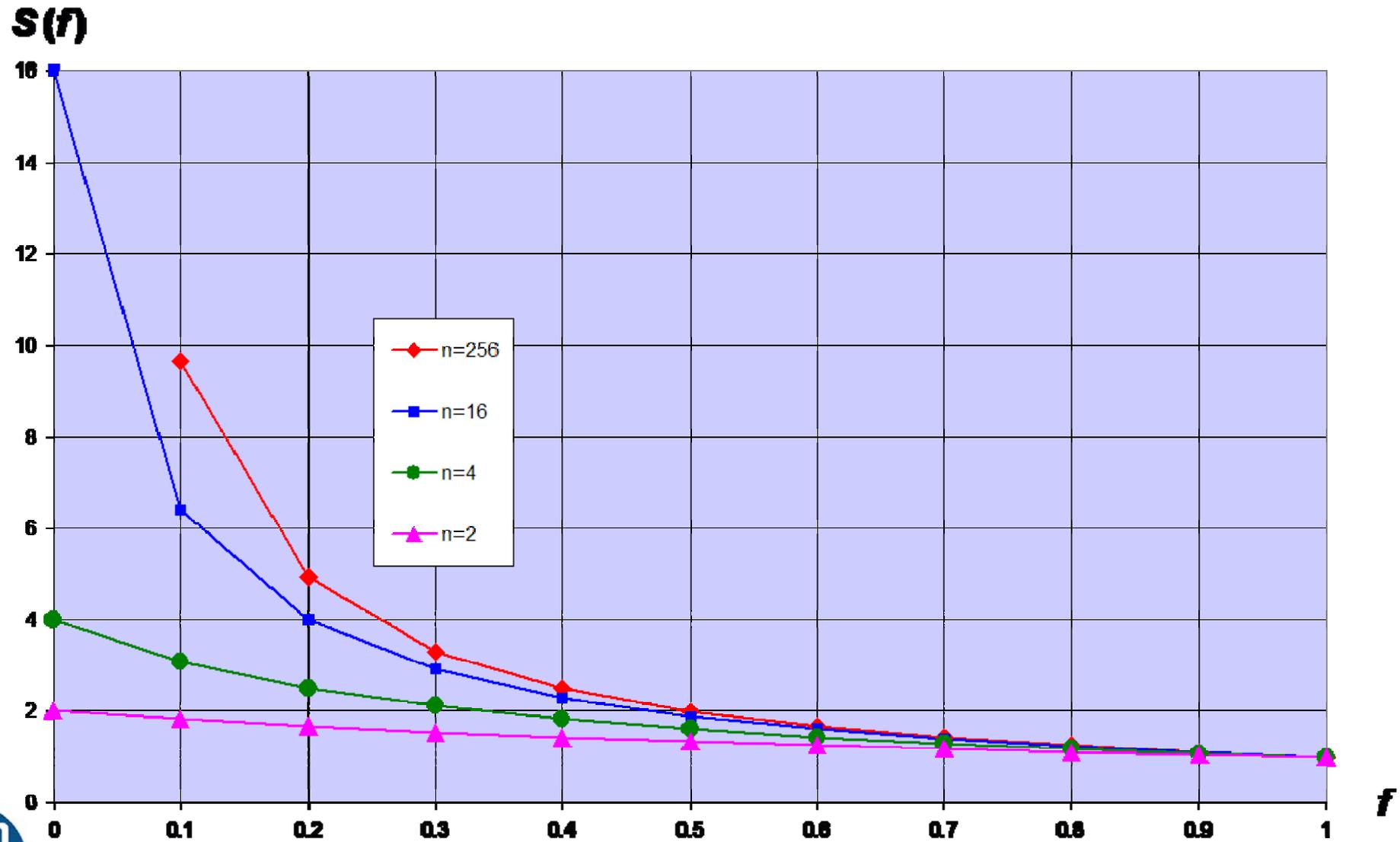
$$S(n) = \frac{T(1)}{T(n)} = \frac{T(1)}{f \times T(1) + \frac{(1-f) \times T(1)}{n}} = \frac{n}{1 + (n-1) \times f}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S(n) = \frac{1}{f}$$

Amdahl G.M. "Validity of the Single-Processor Approach to Achieving Large Scale Computing Capabilities", Proceeding AFIPS Conference, Vol. 30, AFIPS Press, Reston, 1967



Закон Амдала



Практические ограничения ускорения



Закон Густафсона

Barsis E.

Gustafson J. (1988)

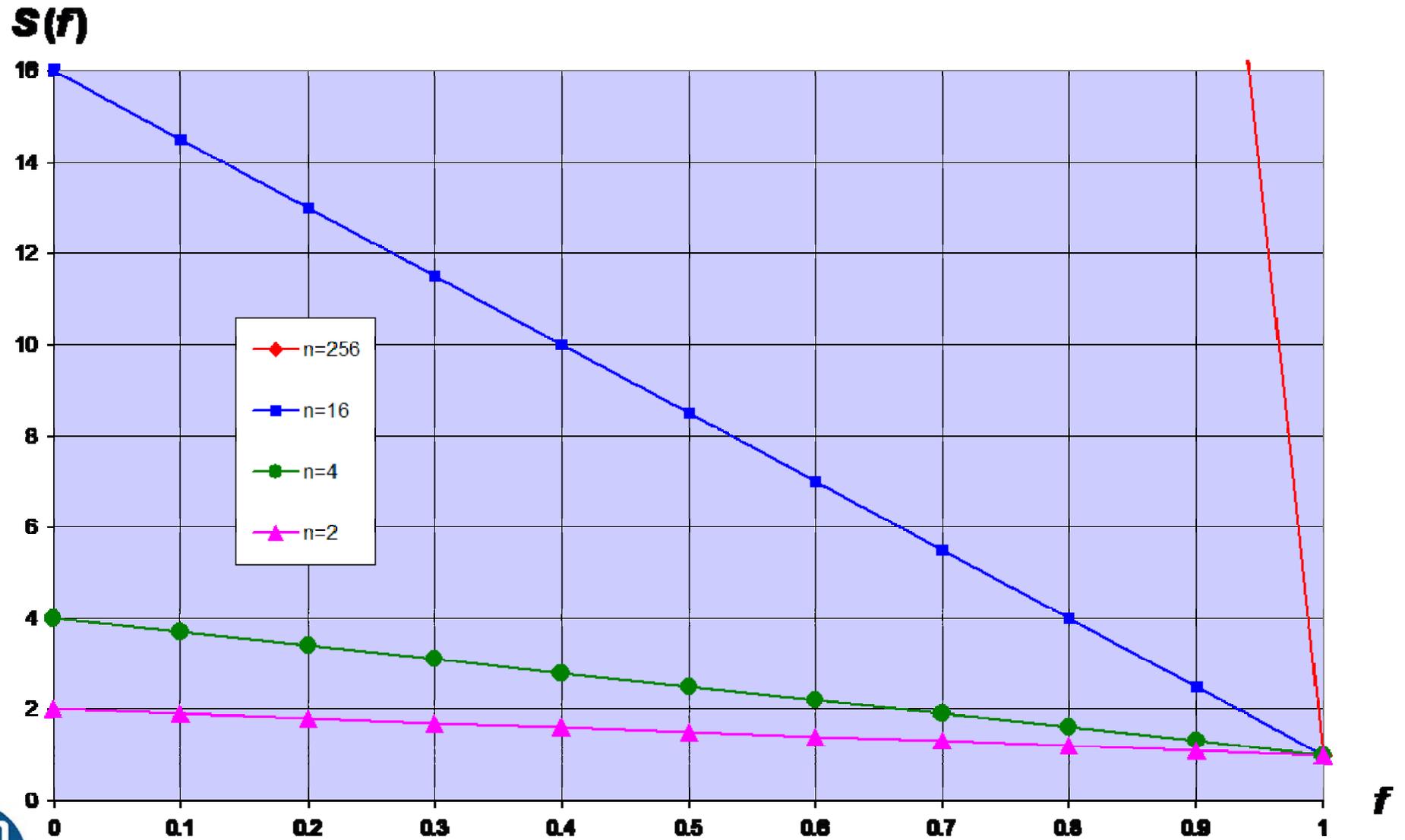
Закон масштабируемого ускорения (Scaled Speedup):

$$S(n) = \frac{T(1)}{T(n)} = \frac{f \times T(n) + n \times (1 - f) \times T(n)}{f \times T(n) + (1 - f) \times T(n)} = n + (1 - n) \times f$$

Gustafson J.L. "Reevaluating Amdahl's Law", CACM, 31(5), 1988



Закон Густафсона



Вопросы для обсуждения

- ❑ Сравните схемы классификации параллелизма по уровню и по гранулярности. Каковы области применения этих схем? Каковы их достоинства и недостатки?
- ❑ В чём суть закона Амдала?
- ❑ При переходе с однопроцессорной машины на четырёхпроцессорную возможно ли ускорение вычислений в два раза? При каких условиях?
- ❑ Законы Амдала и Густафсона в идентичных условиях дают различные значения ускорения. Каковы области применения этих законов?



Следующая тема

- **Классификации архитектур параллельных систем**

