

## Лабораторная работа

Тема: Определение свойств канала передачи данных.

### Понятия пропускной способности и латентности

Предположим, что на двух процессорах (узлах) вычислительной системы работают два процесса, между которыми с помощью сети (другой коммуникационной среды) пересылаются сообщения. В передаче информации, помимо аппаратных устройств, участвует и программное обеспечение, например протокольный стэк (встроенный в ОС) и реализация интерфейса передачи сообщений MPI. Какими характеристиками определяется эффективность передачи информации между процессами параллельного приложения?

Основными характеристиками быстродействия сети являются латентность (latency) и пропускная способность (bandwidth).

**Латентностью** (задержкой) называется время, затрачиваемое программным обеспечением и устройствами сети на подготовку к передаче информации по данному каналу. Полная латентность складывается из программной и аппаратной составляющих.

Под **пропускной способностью**  $R$  сети будем понимать количество информации, передаваемой между узлами сети в единицу времени (байт в секунду). Очевидно, что реальная пропускная способность снижается программным обеспечением за счет передачи разного рода служебной информации.

### Различают следующие виды пропускной способности сети:

- пропускная способность однонаправленных пересылок ("точка-точка", **uni-directional bandwidth**), равная максимальной скорости, с которой процесс на одном узле может передавать данные другому процессу на другом узле.
- пропускная способность двунаправленных пересылок (**bi-directional bandwidth**), равная максимальной скорости, с которой два процесса могут одновременно обмениваться данными по сети.

### В чем измеряются эти величины?

Значения пропускной способности будем выражать в мегабайтах в секунду (MB/sec), значения латентности - в микросекундах ( $\mu\text{sec} = 10^{-6} \text{ sec}$ ).

### Из чего складывается время на пересылку сообщения?

Время  $T(L)$ , необходимое на передачу сообщения длины  $L$ , можно определить следующим образом:  $T(L) = s + L/R$ , где  $s$  - латентность, а  $R$  - пропускная способность.

## Как связаны эффективность пересылок и эффективность параллельных программ?

Для приложений с тонкой параллельной структурой (fine-grained parallelism), какими, как правило, являются вычислительные программы, крайне важны малые величины латентности; тогда как для приложений, использующих большие объемы пересылок (а это, как правило, коммерческие приложения БД), более важно максимальное увеличение пропускной способности.

### Методика измерения латентности

Латентность измеряется как время, необходимое на передачу *сигнала*, или сообщения нулевой длины. При этом, для снижения влияния погрешности и низкого разрешения системного таймера, важно повторить операцию отправки сигнала и получения ответа большое число  $N$  раз. Таким образом, если время на  $N$  итераций пересылки сообщений нулевой длины туда и обратно составило  $T$  сек., то латентность измеряется как  $s=T/(2N)$ .

### Методика измерения пропускной способности

Для измерения пропускной способности "точка-точка" используется следующая методика. Процесс с номером 0 посылает процессу с номером 1 сообщение длины  $L$  байт. Процесс 1, приняв сообщение от процесса 0, посылает ему ответное сообщение той же длины. Используются блокирующие (blocking) вызовы MPI (MPI\_Send, MPI\_Recv). Эти действия повторяются  $N$  раз с целью минимизировать погрешность за счет усреднения. Процесс 0 измеряет время  $T$ , затраченное на все эти обмены. Пропускная способность  $R$  определяется по формуле  $R=2NL/(T-2*N*s)$ .

Пропускная способность двунаправленных обменов определяется по формуле  $R=2NL/(T-N*s)$ . В этом случае используются неблокирующие (non-blocking) вызовы MPI (MPI\_Isend, MPI\_Irecv). При этом производится измерение времени, затраченного процессом 0 на передачу сообщения процессу 1 и прием ответа от него, при условии, что процессы начинают передачу информации одновременно после точки синхронизации.

## ЗАДАНИЕ

Написать 3 программы, которые реализуют методики:

- измерения латентности;
- измерения пропускной способности "точка-точка";
- измерения пропускной способности двунаправленных обменов.

**На вход** программе поступает массив чисел, которые задают значения объема передаваемого сообщения ( $L$ ). (Рекомендация: считывать из файла input).

**На выходе** программа сохраняет значения пропускной способности( $R$ )/латентности ( $s$ ), , соответствующие размерам передаваемых сообщений  $L$ . (Рекомендация: записывать в файл output).

Рекомендуемые значения для  $L = \{1, 2, 2^2, 2^3, 2^4, \dots, 2^{10}, \dots, 2^{20}, 2^{21}, 2^{22}\}$ .

После этого надо построить 6 графиков для измерения значений:

- $S$  (значения латентности) в зависимости от  $k$  ( $L=2^k$ ) (то есть  $k=0, 1, 2, \dots, 22$  ).
- $R_{pp}$  (значения пропускной способности "точка-точка") в зависимости от  $k$  ( $L=2^k$ ) (то есть  $k=0, 1, 2, \dots, 22$  );
- $R_d$  (значения пропускной способности двунаправленных обменов) в зависимости от  $k$  ( $L=2^k$ ) (то есть  $k=0, 1, 2, \dots, 22$  ).

Для первых трех графиков предполагается, что обмен происходит между ядрами одного процессора (host файл должен содержать одну запись). Последующие три графика для этих же величин, только с обменами между MPI-процессами находящимися на разных процессорах/вычислительных машинах (host файл должен содержать две записи).