

Сетевой уровень

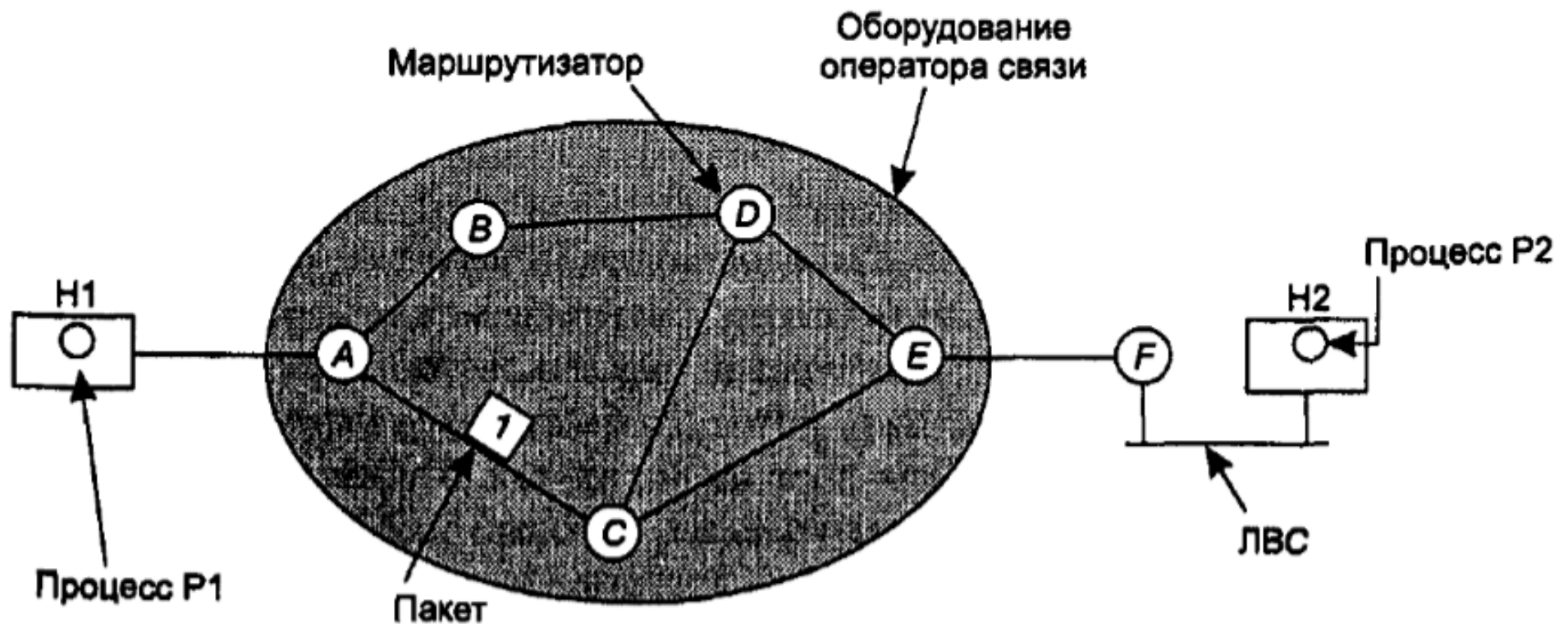
Основы сетей передачи информации

Кирилл Андреев

Задачи сетевого уровня

- Доставка пакетов от отправителя к получателю с использованием механизмов маршрутизации
- Единая схема адресации пакетов
- Знания топологии сети и нагрузки на пути следования пакета

Коммутация пакетов с ожиданием



Сервисы транспортному уровню

- Должны скрывать топологические особенности сети
- Независимость от технологии маршрутизатора и алгоритмов маршрутизации
- Единая схема адресации, позволяющая в любой точке сети идентифицировать получателя.

Сервисы транспортному уровню

- Виртуальные каналы:
 - Ориентированные на установление соединения (ATM)
 - требования QoS
- Дейтаграммные:
 - Не ориентированные на установление соединения
 - Стабильность при высокой изменчивости топологий

Процесс пересылки данных

1. Формирование блока данных и передача его транспортному уровню
2. Формирование пакетов из блока данных (более одного)
3. Пересылка каждого пакета через сеть с использованием некоторого алгоритма маршрутизации с *проверкой корректности данных на каждом шаге*
4. Сбор полученных пакетов транспортным уровнем и передача пользователю

Без установления соединения

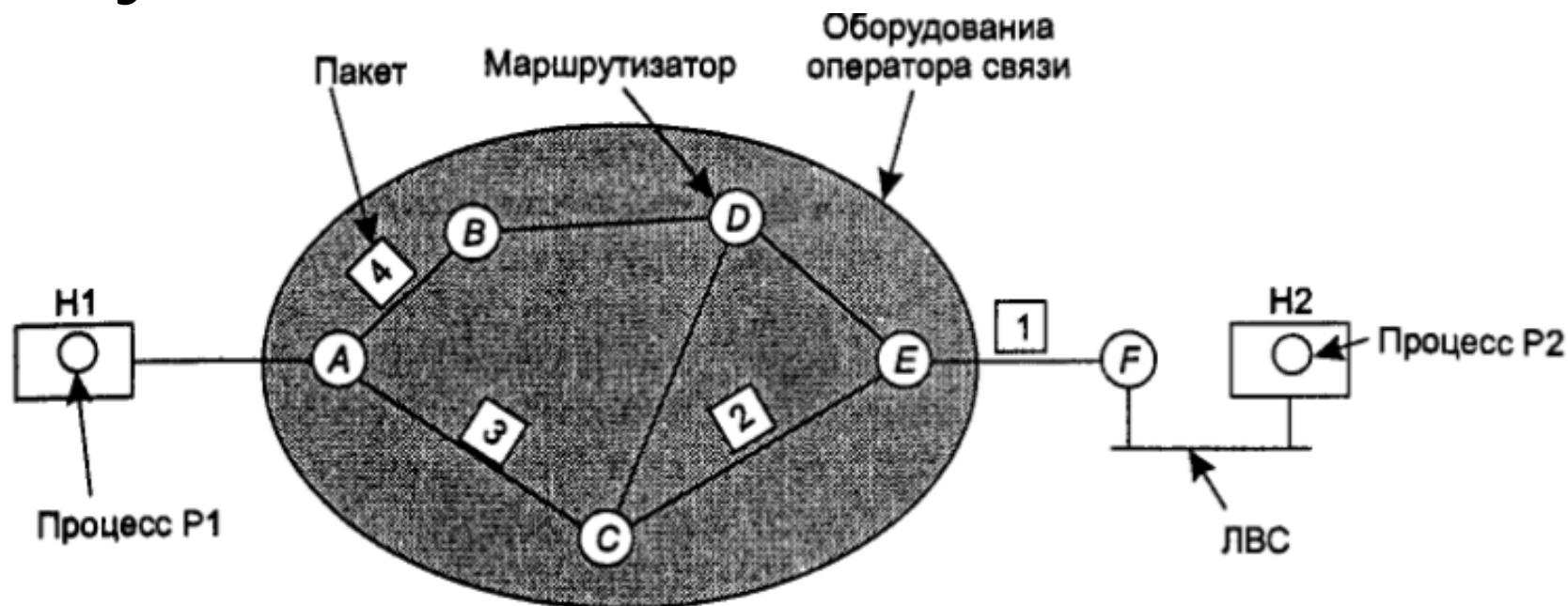


Таблица маршрутизатора A

В начале		В конце		Таблица маршрутизатора C		Таблица маршрутизатора E	
A	-	A	-	A	A	A	C
B	B	B	B	B	A	B	D
C	C	C	C	C	-	C	C
D	B	D	B	D	D	D	D
E	C	E	B	E	E	E	-
F	C	F	C	F	E	F	F

Назначение Линия

С установлением соединения

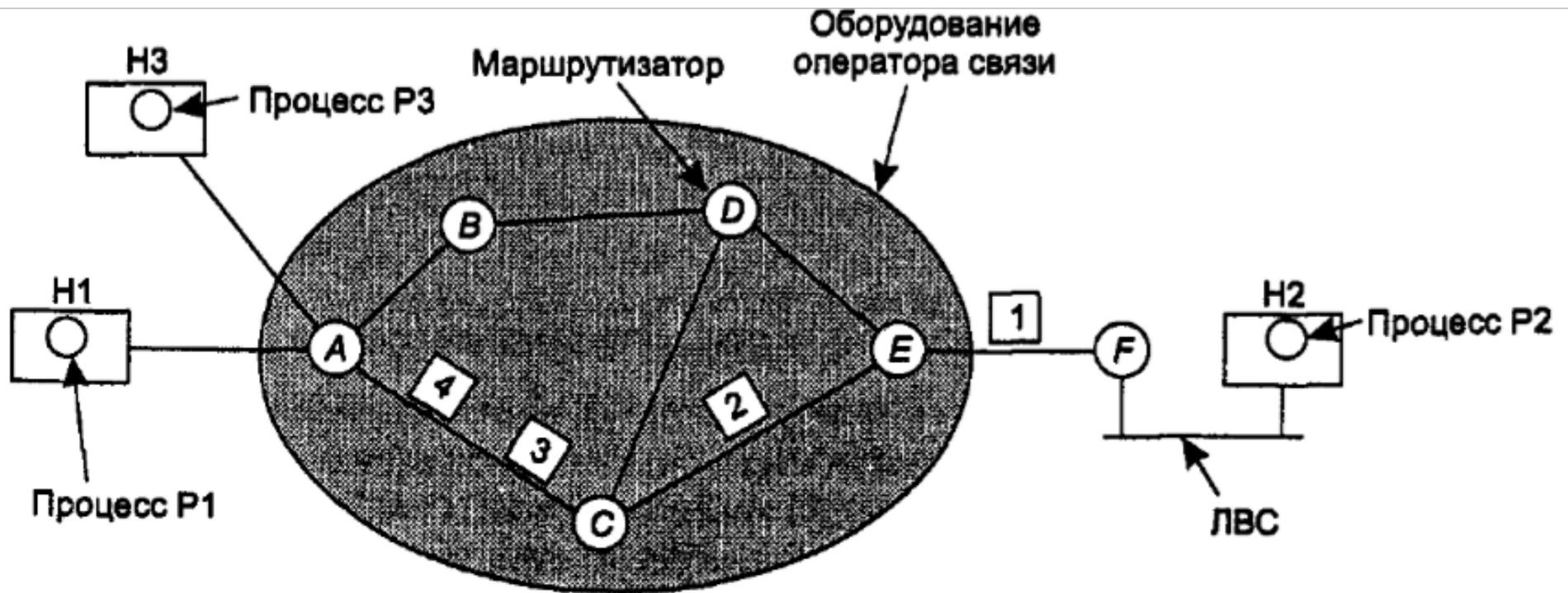


Таблица
маршрутизатора А

Н1	1	С	1
Н3	1	С	2

Вход

Выход

Таблица
маршрутизатора С

А	1	Е	1
А	2	Е	2

Таблица
маршрутизатора Е

С	1	F	1
С	2	Е	2

Коммутация каналов или пакетов?

Каналы:

- Сбой узла критичен
- Накладные расходы при установлении соединения
- Эффективно при длительных передачах
- Нагрузка статична во времени – легко бороться с перегрузками
- Быстрая обработка пакетов при установленном канале

Пакеты:

- Обход умершего узла
- Сложно бороться с «взрывным» трафиком
- Эффективно для коротких транзакций
- Динамическая балансировка нагрузки – распределение нагрузки
- Труднее предоставить гарантированные условия QoS

Маршрутизация и пересылка

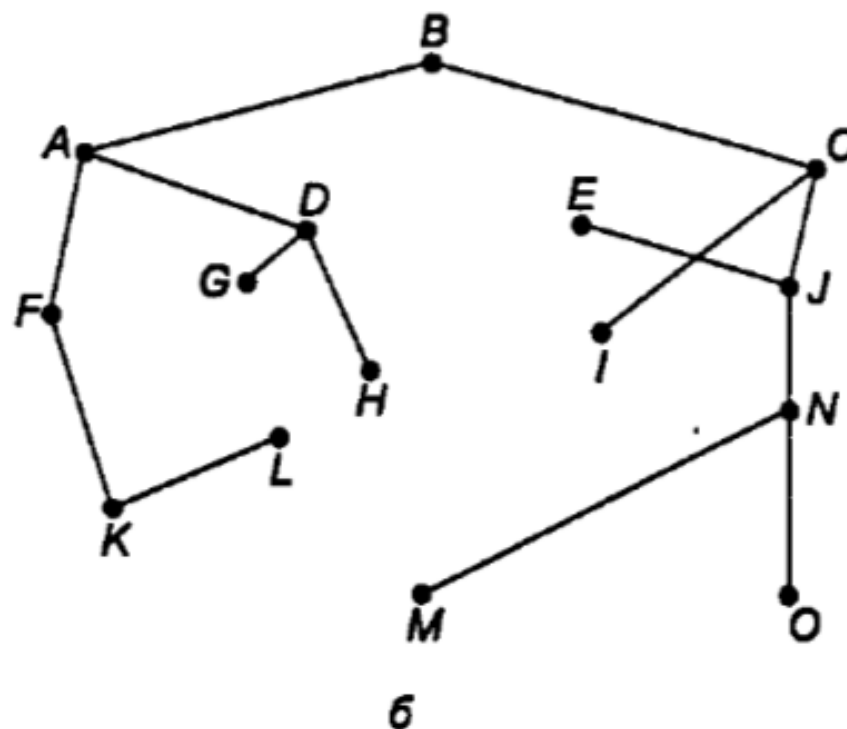
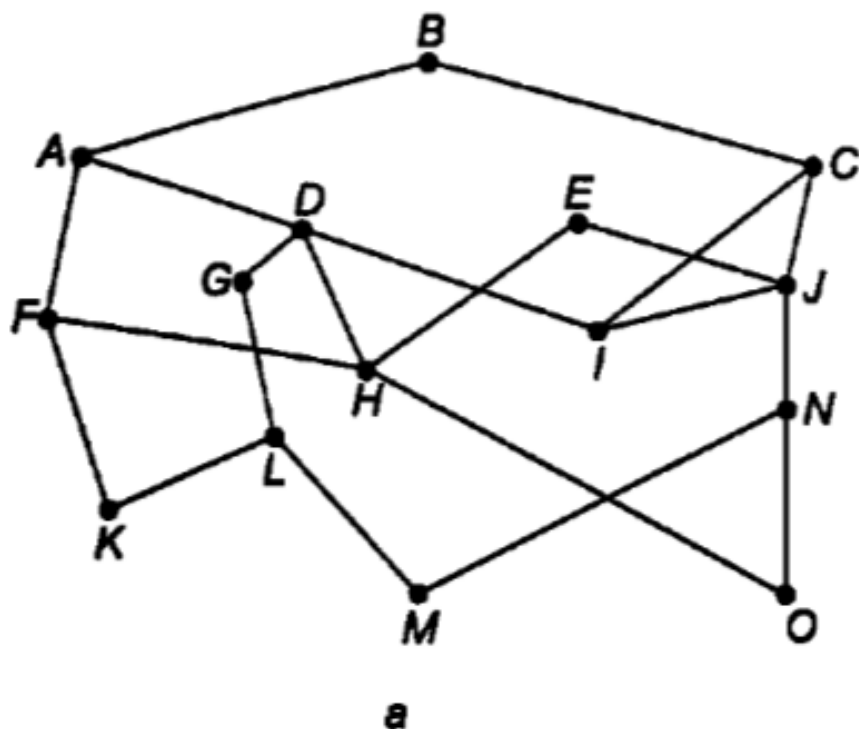
- Процедура **пересылки** состоит в выборе выходной линии маршрутизатора по имеющейся таблице маршрутизации
- **Алгоритм маршрутизации** выполняет заполнение таблиц маршрутизации
 - Корректность
 - Оптимальность выбора маршрута по **метрике**
 - Надежность в изменчивой сети
 - Простота в реализации и валидации
 - Устойчивость в выработке решения или **сходимость**
 - Справедливость распределения ресурсов

Протоколы маршрутизации

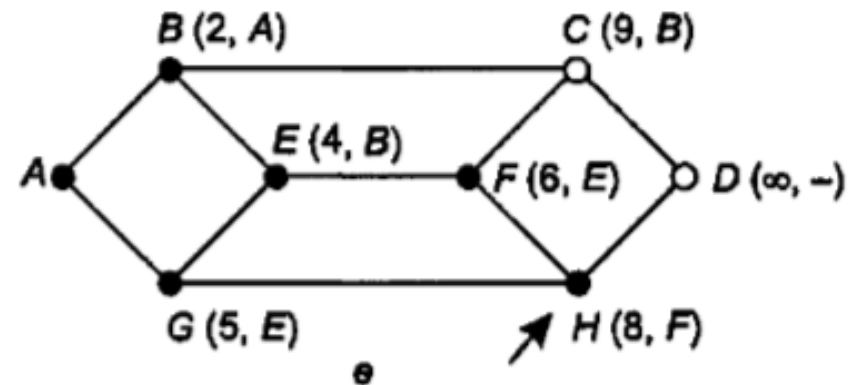
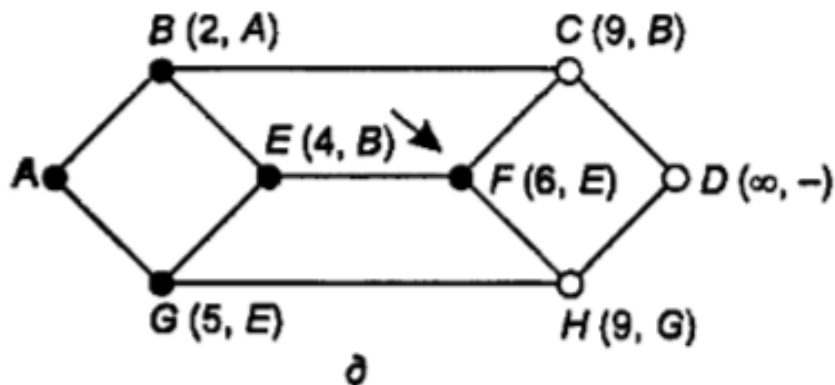
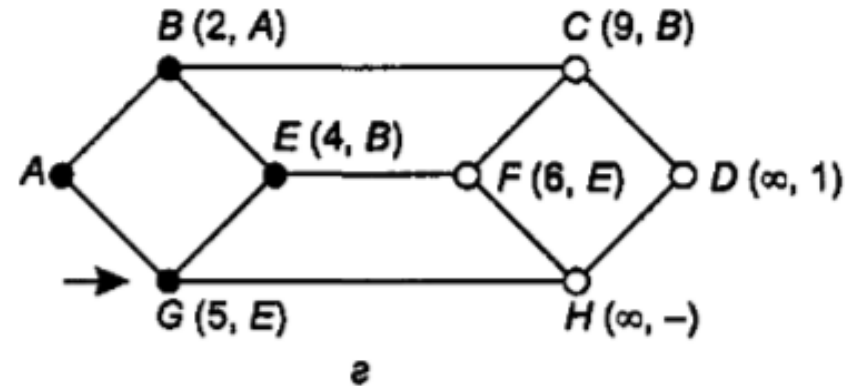
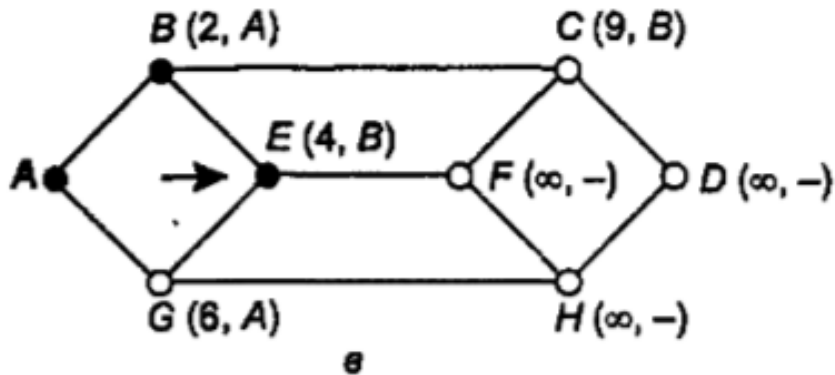
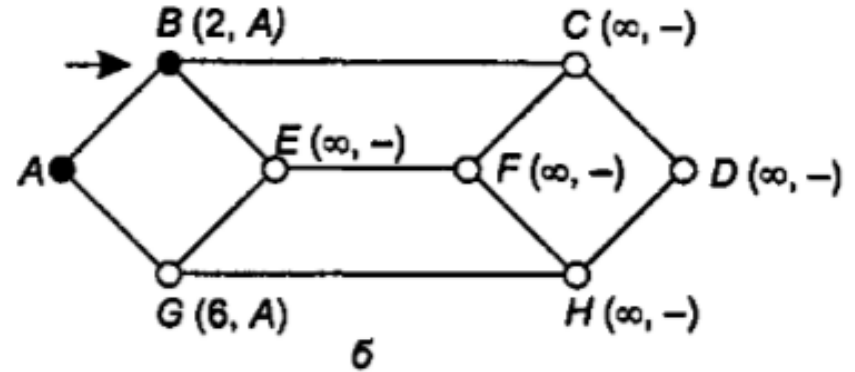
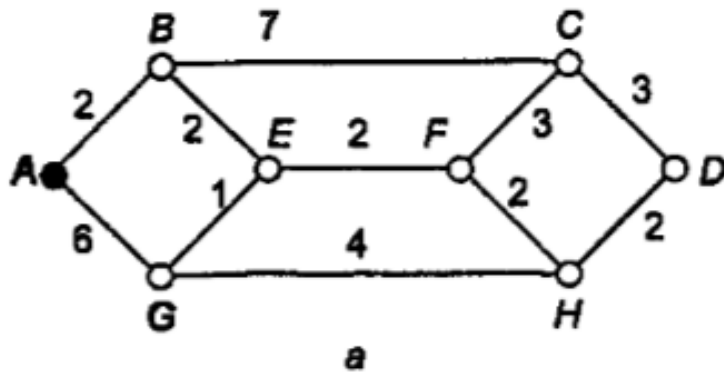
- Неадаптивные (статическая маршрутизация)
 - Прокладка маршрутов без учета динамических характеристик сети
- Адаптивные – адаптация под характеристики сети
 - Учет состояния беспроводных соединений
 - Мониторинг состояния очередей
 - Учет нагрузок на линиях

Оптимальность и входное дерево

1. Если В расположен на оптимальном маршруте от А до С, то оптимальный путь от В к С полностью включен в маршрут от А до С
2. Множество оптимальных маршрутов от В – входное дерево



Алгоритм Дейкстры



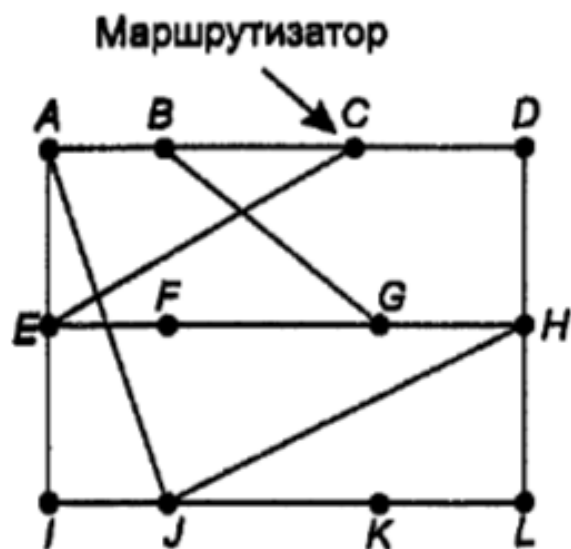
Заливка – эталонный метод

- Пакет посылается во все линии, кроме исходящей
- Дубликаты не пересылаются
 - Порядковый номер пакета, хранение его некоторое время на маршрутизаторе
- Пакеты отмирают сами собой со временем
 - Счетчик количества ретрансляций, уменьшаемый на единицу при каждой ретрансляции
- Выборочная заливка – слать в «нужную сторону»

Классификация алгоритмов маршрутизации

- Маршрутизация по вектору расстояний
 - Алгоритм Беллмана-Форда
 - Запрос у соседей пути до адресата, суммирование
 - Проблема счета до бесконечности
- Маршрутизация с учетом состояния линий
 - Обнаружение соседей
 - Оценка стоимости линий
 - Рассылка состояния линий
 - Построение топологии сети

Пример построения маршрутов



a

K	A
A	0
B	12
C	25
D	40
E	14
F	23
G	18
H	17
I	21
J	9
K	24
L	29

I
24
36
18
27
7
20
31
20
0
11
22
33

H
20
31
19
8
30
19
6
0
14
7
22
9

K
21
28
36
24
22
40
31
19
22
10
0
9

Новая расчетная задержка для J

Линия
8 A
20 A
28 I
20 H
17 I
30 I
18 H
12 H
10 I
0 -
8 K
15 K

Задержка JA равна 8 Задержка JI равна 10 Задержка JH равна 12 Задержка JK равна 6

Новая таблица маршрутов для J

Векторы, полученные от четырех соседей J

Проблема счета до бесконечности

A	B	C	D	E	
•	•	•	•	•	Вначале
	•	•	•	•	После 1 обмена
1		•	•	•	После 2 обменов
1	2	•	•	•	После 3 обменов
1	2	3	•	•	После 4 обменов
1	2	3	4	•	

а

A	B	C	D	E	
•	•	•	•	•	Вначале
	1	2	3	4	После 1 обмена
	3	2	3	4	После 2 обменов
	3	4	3	4	После 3 обменов
	5	4	5	4	После 4 обменов
	5	6	5	6	После 5 обменов
	7	6	7	6	После 6 обменов
	7	8	7	8	
	•	•	•	•	

Маршрутизация с учетом состояния линий

1. Обнаружение соседей

- периодическая рассылка Hello

2. Оценка стоимости линий

- Задержка на линии
- Нагрузка на линии: опасность осцилляций!
- Состояние очереди на линии

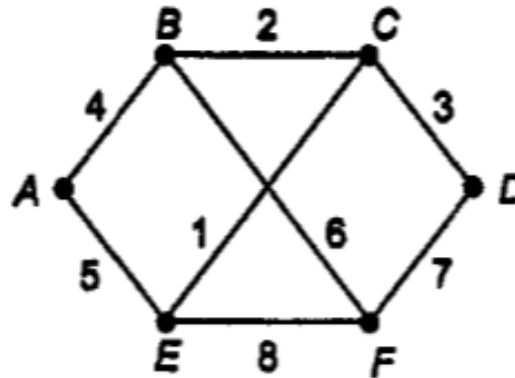
3. Создание пакета, содержащего список соединений

- Порядковый номер и время жизни обязательны!

4. Рассылка сетевой информации

5. Вычисление кратчайших путей ко всем маршрутизаторам

Пакеты состояний линий



a

Пакеты состояния линий

A		B		C		D		E		F	
Порядковый номер		Порядковый номер		Порядковый номер		Порядковый номер		Порядковый номер		Порядковый номер	
Возраст		Возраст		Возраст		Возраст		Возраст		Возраст	
B	4	A	4	B	2	C	3	A	5	B	6
E	5	C	2	D	3	F	7	C	1	D	7
		F	6	E	1			F	8	E	6

б

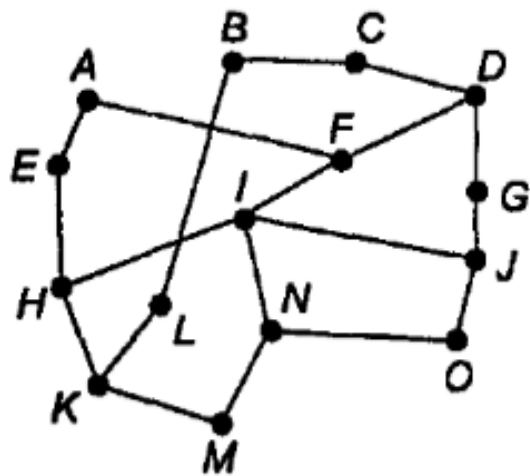
Иерархическая маршрутизация

- Разбиение всех маршрутизаторов на регионы – сокращение объема таблицы маршрутизации
- Маршрутизация между регионами
- Оптимальное число уровней иерархии
 - N маршрутизаторов, $\ln N$ уровней
 - $e \ln N$ записей в таблице маршрутизации

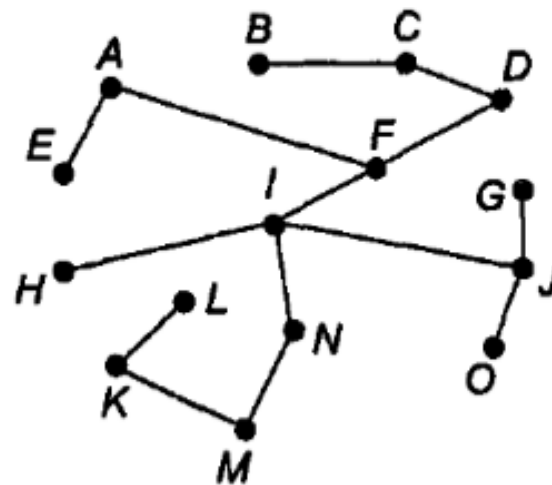
Способы передачи данных

- **Unicast:** от одного отправителя к одному
 - Построение кратчайшего маршрута
- **Broadcast:** от одного отправителя ко всем
 - Заливка – расточительный способ
- **Multicast:** от одного отправителя к группе
 - Задача построения дерева минимального веса
 - Топология сети неизвестна в Distance Vector
 - Список адресатов в заголовке, сокращается по мере продвижения пакета
 - Управление группами

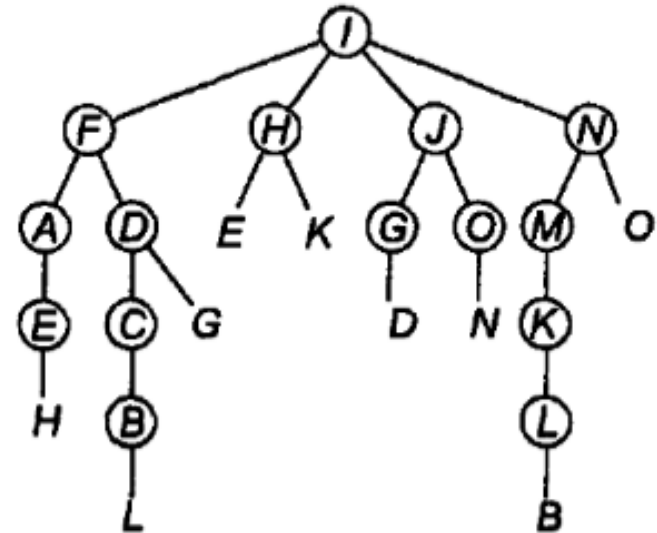
Продвижение по встречному пути



а



б



в

Продвижение по встречному пути: подсеть (а); связующее дерево (б); дерево, построенное методом продвижения по встречному пути (в)

Формирования деревьев рассылки

- Для протоколов состояния линий
«Склейка» кратчайших путей до всех
членов группы
- Для протоколов векторов расстояний
 - 1.Механизм встречного пути
 - 2.Если хост не имеет за собой членов группы
– сообщение PRUNE посылается
отправителю
- Формирование ядра около «середины»
группы и рассылка «от ядра»

Беспроводные и мобильные сети

- Стационарная проводная сеть базовых станций с мигрирующими клиентскими станциями
 - Ассоциация абонента и его регистрация в сети
- Mobile Ad hoc Networks – сети без инфраструктуры
 - Ad hoc On-demand Distance Vector Protocol
 - Optimized Link State Protocol

AODV

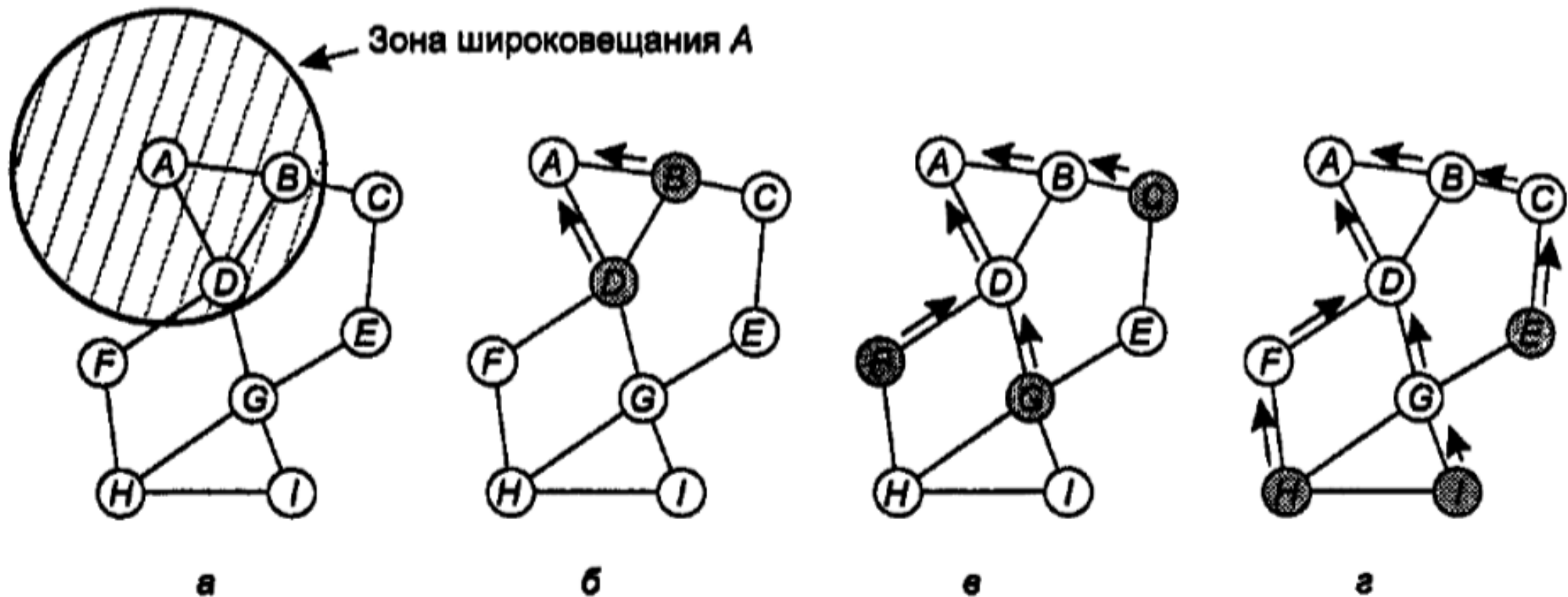


Рис. 5.18. Зона широковещания А (а); состояние после получения узлами В и D широковещательного пакета от А (б); состояние после получения узлами С, F и G широковещательного пакета от А (в); состояние после получения узлами Е, H и I широковещательного пакета от А (г). Затененными кружочками обозначены новые получатели. Стрелками показаны возможные обратные маршруты

Форматы кадров

- Адрес отправителя
- Адрес получателя
- Порядковый номер отправителя
 - Увеличивается при каждом отправленном запросе или полученном ответе
- Порядковый номер получателя
 - Последний запомненный порядковый номер
- Идентификатор запроса
- Счетчик переходов

Правила обработки запроса (обратный маршрут)

- 1.Фильтрация дубликатов по идентификатору запроса
- 2.При наличии свежего маршрута до получателя, ему отправляется ответ.
«Свежесть» значит, что в таблице приемника порядковый номер отправителя больше или равен принятому в запросе
- 3.Дальнейшая пересылка пакета

Принципы обработки ответа (прямой маршрут)

- Не известен ни один маршрут до цели
- Последовательный номер в ответе больше, чем в таблице маршрутизации
- Последовательные номера равны, но путь в ответе короче

Выполнение любого из трех условий ведет к обновлению записи в таблице маршрутизации

Принципы работы OLSR

- MPR – Multi Point Relay – минимальный набор соседей, «покрывающий» всех двухшаговых соседей
- Рассылка топологической информации только через те станции, которые являются MPR
- Рассылка только теми станциями, которые кто-то выбрал в качестве MPR