

- 1.
- 2.
3. (a) Давайте каждому пиру отдавать данные непрерывно со скоростью $v = \frac{u_s}{N}$. Так как $d_{\min} \geq \frac{u_s}{N}$, то все пиры будут успевать принимать все передаваемые данные. Тогда понятно, что каждый пир получит все данные за время $\frac{F}{v} = \frac{NF}{u_s}$, что и требовалось.
- (b) Давайте каждому пиру отдавать данные со скоростью $v = d_{\min}$. Так как $d_{\min} \leq \frac{u_s}{N}$, то $Nd_{\min} \leq u_s$, то есть сервер сможет отдавать данные с такой скоростью. Кроме того, понятно, что все клиенты будут успевать принимать эти данные, поскольку мы взяли минимальную скорость загрузки среди всех пиров. Тогда каждый пир получит данные за время $\frac{F}{v} = \frac{F}{d_{\min}}$.
- (c) Во-первых, заметим, что минимальное время не может быть меньше, чем $\max \left\{ \frac{NF}{u_s}, \frac{F}{d_{\min}} \right\}$, поскольку в таком случае оно либо меньше, чем $\frac{NF}{u_s}$, либо меньше, чем $\frac{F}{d_{\min}}$, но такого не может быть: серверу нужно передать суммарно NF бит данных, при этом его скорость отдачи не превышает u_s , то есть он не может передать данные быстрее, чем за $\frac{NF}{u_s}$; также все клиенты должны данные получить, рассмотрим того, у которого скорость загрузки равна d_{\min} . Он должен получить F бит данных, так что он не сможет сделать это быстрее, чем за $\frac{F}{d_{\min}}$.

Хорошо, теперь докажем, что можно передать данные за время ровно $\max \left\{ \frac{NF}{u_s}, \frac{F}{d_{\min}} \right\}$: рассмотрим два случая. Если $d_{\min} \geq \frac{u_s}{N}$, то по пункту (a) мы можем передать данные за время $\frac{NF}{u_s}$, но при условии $d_{\min} \geq \frac{u_s}{N}$ несложно видеть, что $\max \left\{ \frac{NF}{u_s}, \frac{F}{d_{\min}} \right\} = \frac{NF}{u_s}$. Если же $d_{\min} \leq \frac{u_s}{N}$, то по пункту (б) мы знаем, что данные можно передать за время $\frac{F}{d_{\min}}$. Но при условии $d_{\min} \leq \frac{u_s}{N}$ выполнено $\max \left\{ \frac{NF}{u_s}, \frac{F}{d_{\min}} \right\} = \frac{F}{d_{\min}}$. Тогда в обоих случаях мы научились передавать данные за время $\max \left\{ \frac{NF}{u_s}, \frac{F}{d_{\min}} \right\}$, что и требовалось.